



ACADEMIA MILITAR
DULCE ET DECORUM EST PRO PATRIA MORI

Recuperação do edificado afeto ao Exército. Tecnologia e reabilitação de coberturas em terraço

Bruno João Fernandes Poça

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Militar

Orientador: Professor Doutor Jorge Manuel Calião Lopes de Brito

Co-Orientador: Professora Doutora Inês dos Santos Flores Barbosa Colen

Júri

Presidente: Professor Doutor João Pedro Ramôa Ribeiro Correia

Vogais: Engenheiro Jorge Grandão Lopes

Tenente-Coronel de Engenharia Carlos Alberto Rocha Afonso

Outubro 2015

Tecnologia e reabilitação de coberturas em terraço

RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo a criação de um sistema de apoio à reabilitação de coberturas em terraço. A elaboração deste sistema passa pela apresentação dos diferentes tipos de materiais utilizados nas várias camadas que compõem a cobertura em terraço, descrevendo as suas características e particularidades, bem como, o processo de aplicação *in situ* e os principais campos de implementação de cada material.

O envelhecimento dos materiais e a falta de manutenção, em alguns casos juntamente com a deficiente conceção e execução das coberturas, originam o aparecimento de anomalias. Como tal, são propostas técnicas de intervenção que visam restabelecer as características iniciais dos materiais garantindo o correto funcionamento da cobertura. A cada técnica de reparação está associada uma ficha de reabilitação que sintetiza os principais procedimentos, materiais, equipamentos e mão-de-obra envolvidos, bem como uma estimativa aproximada do rendimento da equipa e dos custos de intervenção.

A matriz de correlação proposta, anomalias - técnicas de reabilitação foi calibrada e validada através de um plano de inspeções visuais a 105 coberturas. O trabalho de campo, permitiu ainda a recolha de um conjunto de dados, que foram submetidos a um tratamento estatístico a fim de retirar conclusões sobre o comportamento das coberturas em terraço.

Palavras-chave: Cobertura em terraço, materiais, reabilitação, manutenção, inspeção.

Flat roofs rehabilitation and technology

ABSTRACT

The objective of this dissertation is to create a support system for flat roofs rehabilitation. The development of this system is based on various types of materials used in the several layers of a flat roof, describing their characteristics as well as the in-situ application process and the main fields in which each material can be used.

Anomalies appear due to aging of the materials and lack of maintenance, which also sometimes coincide with deficient structural design or execution. Therefore, the proposed techniques seek to re-establish the initial characteristics of the materials and thus the correct functioning of the roof. Each technique has a rehabilitation data sheet which synthesises the main procedures, materials, equipment and labour, as well as an estimate of execution efficiency and costs.

The proposed correlation matrix between anomalies and rehabilitation techniques was calibrated and validated through the visual inspection of 105 flat roofs. This field work also allowed other data to be collected and this was statistically analysed so as to draw conclusions on flat roofs general behaviour.

Keywords: Flat roofs, materials, rehabilitation, maintenance, inspection.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer ao Professor Doutor Jorge de Brito, o meu orientador, pelo total e permanente acompanhamento, empenho e disponibilidade, por todo o material bibliográfico disponibilizado, pelo elevado rigor científico e exigência que sempre colocou nesta dissertação. Agradeço todos os conselhos e ensinamentos que transmitiu, permitindo o meu crescimento profissional.

Agradeço à Professora Doutora Inês Flores-Colen, a minha co-orientadora, pelo material bibliográfico disponibilizado.

Agradeço aos camaradas do curso de engenharia da Academia Militar, que sempre me apoiaram e ajudaram a finalizar mais esta etapa da minha formação.

Agradeço ao João Conceição, pela cooperação e trabalho de equipa no decorrer das inspeções desenvolvidas.

Agradeço aos Engenheiros Vítor Inácio da empresa Sotecnisol, Grandão Lopes do LNEC, Jorge Pombo da empresa Imperialum e ao Rui Marques da empresa Westproof pela disponibilidade demonstrada, pelo aconselhamento e pelo conhecimento técnico disponibilizado e transmitido.

Agradeço à Força Aérea e à Guarda Nacional Republicana, pela forma como fui recebido nas suas instalações e pelo acesso às coberturas inspecionadas.

Agradeço ao Tenente da Guarda Nacional Republicana João Silva, pela sua disponibilidade e ajuda à elaboração desta dissertação.

Agradeço a todos os proprietários dos edifícios inspecionados, pelos esclarecimentos prestados e pelo acesso às coberturas.

Agradeço aos meus pais, irmã, familiares e amigos que sempre me apoiaram e motivaram durante toda a minha formação na Academia Militar.

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFNOR	- <i>Association Française de Normalisation</i>
ANSI	- <i>American National Standards Institute</i>
ASTM	- <i>American Society for Testing and Materials</i>
AVAC	- Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado
BSI	- <i>British Standards Institute</i>
CEN	- <i>Comité Européen de Normalisation</i>
CT	- Comissão Técnica de Normalização
DIN	- <i>Deutsches Institut für Normung</i>
EOTA	- <i>European Organisation For Technical Approvals</i>
EPI	- Equipamento de proteção individual
EPS	- Poliestireno expandido moldado
ETAG	- <i>European Technical Approval Guideline</i>
GNR	- Guarda Nacional Republicana
IBI	- Instituto Brasileiro de Impermeabilização
INE	- Instituto Nacional de Estatística
IPQ	- Instituto Português da Qualidade
IST	- Instituto Superior Técnico
LECA	- <i>Light Expanded Clay Aggregate</i>
LER	- Lista Europeia de Resíduos
LNEC	- Laboratório Nacional de Engenharia Civil
PIR	- Poliisocianurato
RCCTE	- Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios
RGEU	- Regulamento Geral das Edificações Urbanas
RIB	- Resíduos Industriais Banais
RTHS	- Recomendações Técnicas de Habitação Social
UEAtc	- <i>Union Européenne Pour L'agrément Technique dans la Construction</i>
UNE	- <i>Nacional Español de Unificación</i>
UNI	- <i>Nazionale Italiano di Unificazione</i>
XPS	- Poliestireno expandido extrudido

Índice

1	Introdução	1.1
1.1	Considerações iniciais.....	1.1
1.2	Justificação e objetivos da dissertação.....	1.2
1.3	Metodologia da dissertação.....	1.2
1.4	Trabalhos consultados no âmbito da dissertação	1.3
1.5	Organização da dissertação	1.3
2	Tecnologia de coberturas em terraço	2.1
2.1	Considerações gerais	2.1
2.2	Características das coberturas em terraço	2.3
2.2.1	Exigências funcionais.....	2.3
2.2.2	Classificação da cobertura.....	2.5
2.2.3	Descrição dos elementos que constituem a cobertura	2.10
2.2.4	Classificação quando ao modo de ligação do sistema de impermeabilização ao suporte 2.11	
2.3	Materiais.....	2.12
2.3.1	Sistema de impermeabilização com materiais tradicionais.....	2.13
2.3.2	Sistema de impermeabilização com materiais não-tradicionais	2.15
2.3.3	Materiais auxiliares ao sistema de impermeabilização	2.21
2.3.4	Camada de isolamento térmico	2.22
3	Patologia em coberturas em terraço	3.1
3.1	Considerações gerais	3.1
3.2	Classificação das anomalias em coberturas em terraço	3.2
3.2.1	Desgaste superficial.....	3.2
3.2.2	Fratura / rotura	3.3
3.2.3	Descolamento / arrancamento.....	3.3
3.2.4	Formação de pregas / empolamento.....	3.4
3.2.5	Fissuração	3.4
3.2.6	Perfuração	3.5
3.2.7	Ausência / posicionamento inadequado de camada.....	3.5
3.2.8	Acumulação de detritos.....	3.6
3.2.9	Deficiências de inclinação / empoçamento	3.6
3.2.10	Colonização biológica	3.7
3.2.11	Corrosão.....	3.7
3.2.12	Manchas de humidade de condensação / infiltração	3.8
3.2.13	Conceção inadequada de juntas de dilatação	3.8
3.2.14	Conceção inadequada de tubos de queda.....	3.9
3.2.15	Conceção inadequada de tubos ladrão.....	3.9
3.2.16	Conceção inadequada de caleiras	3.10
3.2.17	Conceção inadequada de juntas de sobreposição	3.10
3.2.18	Fixações deficientes.....	3.10
3.2.19	Capeamento deficiente	3.11
3.2.20	Remates deficientes.....	3.11
3.3	Considerações finais.....	3.12
4	Reabilitação de coberturas em terraço	4.1
4.1	Considerações iniciais.....	4.1
4.2	Classificação das técnicas de reabilitação.....	4.3
4.2.1	Limpeza do revestimento exterior da cobertura em terraço.....	4.5
4.2.2	Aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização.....	4.6
4.2.3	Aplicação / reparação / substituição do isolamento térmico	4.9
4.2.4	Aplicação / reparação / substituição da camada de dessolidarização	4.10

4.2.5	Aplicação / reparação / substituição da barreira ao vapor	4.11
4.2.6	Aplicação / substituição da camada de forma	4.11
4.2.7	Criação de caminhos de circulação	4.12
4.2.8	Aplicação / reparação/substituição de juntas de dilatação	4.12
4.2.9	Reparação de remates e elementos de proteção associados.....	4.13
4.2.10	Aplicação / reparação / substituição de sistemas de drenagem.....	4.16
4.2.11	Aplicação / reparação / substituição de fixações mecânicas nos elementos ..	4.18
4.3	Matriz de correlação anomalias - técnicas de reabilitação.....	4.18
4.4	Fichas de reabilitação	4.20
4.5	Considerações finais.....	4.22
5	Validação do sistema e tratamento estatístico dos dados recolhidos	5.1
5.1	Considerações iniciais.....	5.1
5.2	Plano de inspeções às coberturas em terraço	5.1
5.2.1	Mapeamento de anomalias.....	5.1
5.2.2	Ficha de inspeção	5.2
5.2.3	Ficha de validação	5.3
5.3	Validação do sistema classificativo proposto.....	5.4
5.4	Validação da matriz de correlação	5.5
5.5	Tratamento estatístico dos dados recolhidos	5.8
5.5.1	Caracterização geral das coberturas	5.8
5.5.2	Caracterização geral dos elementos	5.11
5.5.3	Frequência observada de anomalias.....	5.12
5.5.4	Caracterização das anomalias.....	5.17
5.5.5	Frequência observada de técnicas de reabilitação	5.20
5.6	Conclusões do capítulo	5.22
6	Conclusões	6.1
6.1	Considerações finais.....	6.1
6.2	Conclusões gerais.....	6.2
6.3	Desenvolvimentos e perspectivas futuras	6.4
	Referências bibliográficas.....	1
	Anexos	A.1
	Anexo 5.I - Ficha de inspeção	1414
	Anexo 5.II - Fichas de validação	A.16
	Anexo 5.III - Ficha de inspeção N. 17.....	A.18
	Anexo 5.IV - Fichas de validação N. 17.....	A.20

Índice de figuras

Figura 1.1 - Distribuição de edifícios segundo o tipo de cobertura, por época de construção em Portugal ..	1.1
Figura 2.1 - Organismos reguladores sobre revestimentos na Europa	2.3
Figura 2.2 - Exemplo de cobertura com proteção leve, xisto	2.7
Figura 2.3 - Exemplo de cobertura com proteção pesada, lajetas	2.7
Figura 2.4 - Cobertura tradicional.....	2.7
Figura 2.5 - Cobertura invertida	2.8
Figura 2.6 - Perfil de temperaturas na cobertura tradicional e invertida numa situação de verão	2.8
Figura 2.7 - Esquema da concentração de fixações mecânicas numa cobertura	2.12
Figura 2.8 - Betume	2.14
Figura 2.9 - Asfalto natural	2.14
Figura 2.10 - Cobertura impermeabilizada com betume aplicado a quente	2.14
Figura 2.11 - Aplicação de resina polimérica à trincha	2.17
Figura 2.12 - Membranas betuminosas.....	2.18
Figura 2.13 - Incorreto armazenamento das membranas.....	2.18
Figura 2.14 - Esquema do processo de fabrico por calandragem	2.19
Figura 2.15 - Equipamento de produção de membranas PVC por calandragem	2.19
Figura 2.16 - Soldadura de membranas PVC com equipamento mecânico.....	2.20
Figura 2.17 - Soldadura de membrana PVC manual	2.20
Figura 2.18 - Feltro	2.21
Figura 2.19 - Tela	2.21
Figura 2.20 - Manta lã de rocha	2.23
Figura 2.21 - Aplicação de placas de lã de rocha	2.23
Figura 2.22 - Perlite expandida	2.24
Figura 2.23 - Placas de perlite expandida.....	2.24
Figura 2.24 - Poliestireno expandido extrudido.....	2.25
Figura 2.25 - Poliestireno expandido moldado.....	2.25
Figura 3.1 - Distribuição das anomalias na cobertura.....	3.1
Figura 3.2 - Distribuição das anomalias na cobertura.....	3.1
Figura 3.3 - Exemplo de desgaste superficial do revestimento de impermeabilização	3.3
Figura 3.4 - Exemplo de fratura do revestimento de impermeabilização.....	3.3
Figura 3.5 - Exemplo de descolamento da membrana de impermeabilização	3.3
Figura 3.6 - Exemplo de empolamento da membrana de impermeabilização betuminosa.....	3.4
Figura 3.7 - Exemplo de empolamento da membrana de impermeabilização à base de uma resina polimérica	3.4
Figura 3.8 - Exemplo de fissuração em membrana betuminosa.....	3.4
Figura 3.9 - Exemplo de perfuração.....	3.5
Figura 3.10 - Exemplo de perfuração.....	3.5
Figura 3.11 - Exemplo de ausência de camada de dessolidarização.....	3.6
Figura 3.12 - Exemplo de acumulação de detritos.....	3.6
Figura 3.13 - Exemplo de acumulação de detritos.....	3.6
Figura 3.14 - Exemplo de empoçamento	3.7
Figura 3.15 - Exemplo de empoçamento	3.7
Figura 3.16 - Exemplo de colonização biológica em zona corrente	3.7
Figura 3.17 - Exemplo de vegetação parasitária em caleira.....	3.7
Figura 3.18 - Exemplo de corrosão	3.8
Figura 3.19 - Exemplo de manchas de humidade devido a infiltrações	3.8
Figura 3.20 - Exemplo de manchas de humidade devido a infiltrações	3.8
Figura 3.21 - Exemplo de conceção / execução inadequada de junta de dilatação.....	3.9
Figura 3.22 - Exemplo de ausência de ralo pinha.....	3.9
Figura 3.23 - Exemplo de deficiente conceção do tudo ladrão	3.9
Figura 3.24 - Exemplo de execução deficiente de caleiras.....	3.10
Figura 3.25 - Exemplo de fissuração do revestimento de impermeabilização em caleira	3.10
Figura 3.26 - Exemplo de conceção / execução inadequada de juntas de sobreposição	3.10
Figura 3.27 - Exemplo de fixação deficiente em capeamento	3.11
Figura 3.28 - Exemplo de ausência de capeamento.....	3.11
Figura 3.29 - Exemplo de ausência de capeamento.....	3.11

Figura 3.30 - Exemplo de remate deficiente em soleira.....	3.11
Figura 3.31 - Exemplo de remate com altura insuficiente.....	3.11
Figura 4.1 - Evolução das obras de reabilitação e construção nova	4.1
Figura 4.2 - Ensaio de estanqueidade	4.2
Figura 4.3 - Inspeção termográfica com infravermelhos.....	4.2
Figura 4.4 - Exemplo de má execução de um remate	4.3
Figura 4.5 - Limpeza com soprador	4.5
Figura 4.6 - Limpeza com vassoura	4.5
Figura 4.7 - Limpeza a jato de água.....	4.5
Figura 4.8 - Aplicação de membranas de betume	4.7
Figura 4.9 - Aplicação membranas de PVC	4.7
Figura 4.10 - Solução de correção da impermeabilização e do isolamento térmico de uma cobertura tradicional	4.7
Figura 4.11 - Solução de reforço do isolamento térmico, pelo exterior, de uma cobertura plana tradicional ...	4.10
Figura 4.12 - Solução de reforço do isolamento térmico, pelo interior, de uma cobertura plana tradicional	4.10
Figura 4.13 - Solução de reforço do isolamento térmico, pelo exterior, de uma cobertura plana invertida...	4.10
Figura 4.14 - Solução de reforço do isolamento térmico, pelo interior, de uma cobertura plana invertida	4.10
Figura 4.15 - Feltros geotêxtil entre a proteção pesada e a impermeabilização	4.11
Figura 4.16 - Exemplo de caminho de circulação com reforço de membrana auto-protegida	4.12
Figura 4.17 - Exemplo de caminho de circulação em lajetas.....	4.12
Figura 4.18 - Pormenor de reabilitação de uma junta de dilatação	4.13
Figura 4.19 - Junta de dilatação com capeamento na proteção	4.13
Figura 4.20 - Saída de águas pluviais reabilitada com membrana de poliuretano	4.13
Figura 4.21 - Pormenor de remate embutido em roços	4.14
Figura 4.22 - Pormenor de remate protegido com rufo metálico	4.14
Figura 4.23 - Pormenor de soleira	4.15
Figura 4.24 - Pormenor errado de uma soleira	4.15
Figura 4.25 - Pormenor de platibanda.....	4.16
Figura 4.26 - Exemplo de platibanda com capeamento em chapa metálica	4.16
Figura 4.27 - Ralo de pinha.....	4.17
Figura 4.28 - Proteção em forma de cesto.....	4.17
Figura 4.29 - Pormenor de reabilitação do tubo de queda com recurso a um bocal	4.17
Figura 4.30 - Bocal em PVC.....	4.17
Figura 4.31 - Remate de tubo de queda com material metálico	4.17
Figura 4.32 - Fixação do isolamento térmico com peça de aço galvanizado	4.18
Figura 4.33 – Peça de fixação em polipropileno	4.18
Figura 5.1 - Frequência absoluta das técnicas de reabilitação propostas para a amostra recolhida ..	5.5
Figura 5.2 - Distribuição absoluta das 105 inspeções pelas respetivas instituições	5.9
Figura 5.3 - Distribuição relativa do tipo de envolvente dos edifícios inspecionados	5.9
Figura 5.4 - Distribuição relativa do tipo de utilização da amostra inspecionada	5.9
Figura 5.5 - Avaliação das coberturas face a intervenções posteriores à sua construção	5.9
Figura 5.6 - Distribuição absoluta do número de pisos das coberturas inspecionadas.....	5.10
Figura 5.7 - Frequência relativa das áreas das coberturas inspecionadas	5.10
Figura 5.8 - Frequência relativa da pendente da amostra recolhida	5.10
Figura 5.9 - Classificação da amostra quanto ao posicionamento do revestimento de impermeabilização face ao isolamento térmico	5.11
Figura 5.10 - Classificação da amostra quanto à camada de proteção da impermeabilização	5.11
Figura 5.11 - Avaliação relativa do tipo de impermeabilização na amostra recolhida	5.11
Figura 5.12 - Frequência relativa do tipo de isolamento térmico na amostra recolhida	5.12
Figura 5.13 - Classificação da amostra quanto à existência de fixações mecânicas	5.12
Figura 5.14 - Frequência relativa de ocorrências de cada anomalia nas 105 coberturas inspecionadas	5.13
Figura 5.15 - Frequência relativa das anomalias por zona afetada na cobertura.....	5.13
Figura 5.16 - Frequência relativa de cada anomalia observada, agrupada segundo o sistema classificativo de Conceição	5.13
Figura 5.17 - Frequência relativa das anomalias observadas nos três tipos de revestimentos de impermeabilização inspecionados	5.14
Figura 5.18 - Frequência relativa das anomalias registadas nos diferentes tipos de proteção em membranas betuminosas	5.16

Figura 5.19 - Frequência relativa das anomalias consoante intervenções posteriores à construção da cobertura	5.17
Figura 5.20 - Avaliação da relação entre anomalia A-G1 e a existência de caminhos de circulação na amostra.....	5.17
Figura 5.21 - Percentagem de área afetada	5.18
Figura 5.22 - Nível de degradação das áreas afetadas	5.18
Figura 5.23 - A anomalia A-G10 pode no curto / médio prazo vir a afetar o estado do revestimento de impermeabilização.....	5.19
Figura 5.24 - A anomalia A-G11 pode no curto / médio prazo vir a afetar o estado do revestimento de impermeabilização.....	5.19
Figura 5.25 - Análise da anomalia A-G1 perante o uso de materiais adequados	5.19
Figura 5.26 - Análise da anomalia A-G2 perante o uso de materiais adequados	5.19
Figura 5.27 - Avaliação da anomalia A-S2 quanto à existência de ralo	5.19
Figura 5.28 - Avaliação da anomalia A-S5 quanto à largura suficiente da junta de sobreposição....	5.20
Figura 5.29 - Frequência relativa das técnicas de reabilitação.....	5.20
Figura 5.30 - Frequência relativa das técnicas de reabilitação preconizadas nos diferentes materiais de impermeabilização.....	5.21
Figura 5.31 - Frequência relativa das técnicas de reabilitação preconizadas nos diferentes tipos de proteção em membranas betuminosas	5.22

Índice de quadros

Quadro 2.1 - Exigências funcionais para coberturas em terraço	2.4
Quadro 2.2 - Classificação quanto à acessibilidade	2.5
Quadro 2.3 - Classificação quanto ao tipo de proteção e materiais	2.6
Quadro 2.4 - Classificação das coberturas quanto à pendente de acordo com as diretivas da UEAtc	2.9
Quadro 2.5 - Classificação quanto à estrutura resistente	2.9
Quadro 2.6 - Elementos da cobertura em terraço.....	2.10
Quadro 2.7 - Classificação quanto à ligação do sistema de impermeabilização ao suporte.....	2.11
Quadro 2.8 - Classificação do sistema de impermeabilização com materiais tradicionais.....	2.13
Quadro 2.9 - Classificação do sistema de impermeabilização com materiais não-tradicionais	2.15
Quadro 2.10 - Classificação das armaduras de acordo com a sua origem	2.21
Quadro 2.11 - Classificação quanto à natureza do isolamento térmico	2.22
Quadro 2.12 - Características técnicas da lã de rocha	2.23
Quadro 2.13 - Características técnicas da perlite expandida	2.24
Quadro 2.14 - Características técnicas do aglomerado de cortiça expandida	2.24
Quadro 2.15 - Características técnicas do poliestireno	2.26
Quadro 2.16 - Características técnicas do poliisocianurato.....	2.26
Quadro 3.1 - Classificação das anomalias em coberturas em terraço	3.2
Quadro 4.1 - Evolução das obras concluídas entre 2008 e 2013	4.1
Quadro 4.2 - Classificação das técnicas de reabilitação	4.3
Quadro 4.3 - Tipificação das técnicas de reabilitação	4.4
Quadro 4.4 - Anomalia no sistema de impermeabilização.....	4.6
Quadro 4.5 - Possíveis anomalias na ausência de caminhos de circulação	4.12
Quadro 4.6 - Matriz de correlação anomalias - técnicas de reabilitação	4.19
Quadro 4.7 - Exemplo de ficha de correlação anomalia - técnicas de reparação	4.20
Quadro 4.8 - Exemplo de ficha de reparação associada à técnica de reabilitação R.3	4.21
Quadro 5.1 - Identificação e caracterização das diferentes formas de inspeção	5.2
Quadro 5.2 - Comparação entre as matrizes de correlação teórica e com base na amostra recolhida entre as anomalias e as técnicas de reabilitação	5.6
Quadro 5.3 - Matriz de correlação anomalias - técnicas de reabilitação corrigida após calibração do sistema proposto com base na amostra recolhida.....	5.8

1 Introdução

1.1 Considerações iniciais

Uma cobertura consiste num conjunto de elementos resistentes e protetores que têm como principal função proteger o espaço interno dos edifícios das ações meteorológicas (chuva, calor, frio, vento e neve) protegendo a estrutura do edifício e garantindo determinados padrões de habitabilidade (Gomes, 1968; Lopes, 2009).

As condições atmosféricas a que o edifício está exposto, a estética do edifício, a utilização do espaço da cobertura para fins recreativos, estacionamento ou instalação de equipamentos de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) são fatores que pesam na decisão de adotar coberturas em terraço em detrimento de coberturas inclinadas.

As coberturas em terraço são cada vez mais utilizadas em Portugal em relação às coberturas inclinadas. Segundo dados do Instituto Nacional de Estatística (INE), verifica-se que a adoção de coberturas em terraço tem vindo a crescer e que entre 2006 e 2011, a utilização de coberturas em terraço e mista representa 12,5% do edificado construído em Portugal, como ilustra a Figura 1.1. Assim, dada a importância que as coberturas planas começam a representar no património edificado, surge a necessidade de criar um sistema que auxilie na reparação de situações anómalas ao funcionamento da cobertura.

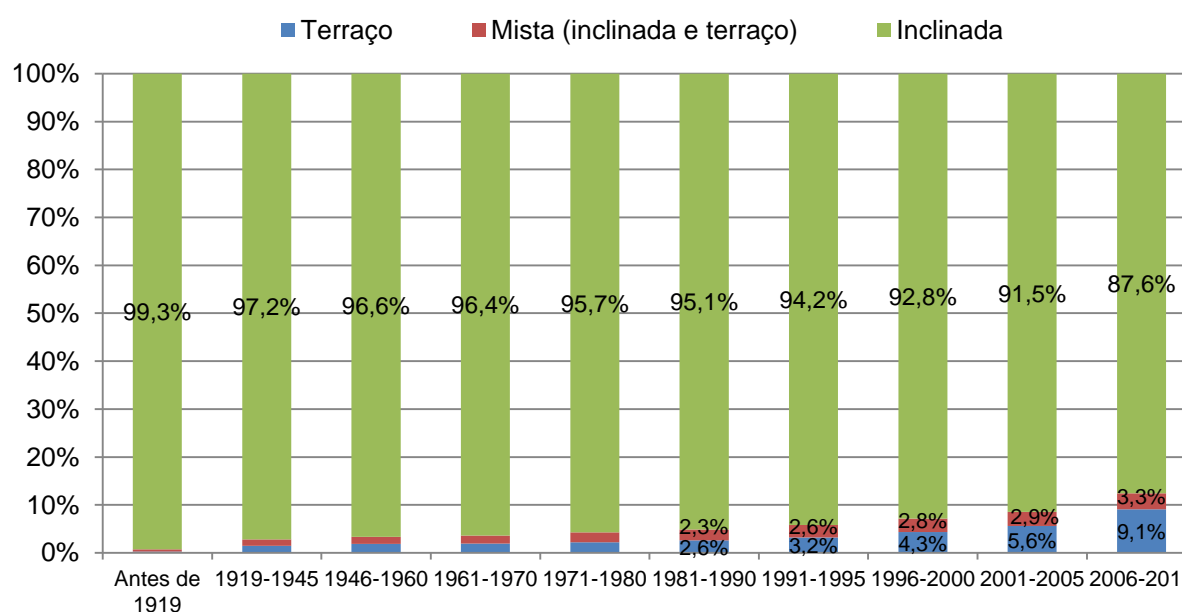


Figura 1.1 - Distribuição de edifícios segundo o tipo de cobertura, por época de construção em Portugal (adaptado do Instituto Nacional de Estatística, 2012)

As coberturas em terraço, por apresentarem uma disposição praticamente horizontal, necessitam de especial atenção na escolha e posicionamento dos materiais, bem como na avaliação do comportamento do conjunto *in situ*. Quando ocorrem anomalias que comprometem o correto funcionamento da cobertura, recorre-se a técnicas de diagnóstico para localizar a origem da anomalia, e posteriormente à avaliação da técnica de intervenção mais adequada, é efetuada a reparação.

1.2 Justificação e objetivos da dissertação

Desde a construção de um edifício até à sua demolição, as fases de conceção, projeto e construção representam apenas 15 a 20% dos custos totais, enquanto a restante parcela (75 a 80%) corresponde a custos de utilização e manutenção (Flores, 2003; Silva, 2004; Palha, 2008).

É num contexto de manutenção e reabilitação do património do edificado, nomeadamente das coberturas dos edifícios do exército, que esta dissertação se insere, tendo como principais objetivos: o levantamento de tecnologia sobre coberturas em terraço; a proposta de um conjunto de técnicas que visam repor as funcionalidades dos elementos danificados ou alterados; a criação de uma matriz de correlação anomalias - técnicas de reabilitação validada através de uma campanha de inspeções visuais a um número significativo de coberturas. A cada técnica de intervenção proposta está associada uma ficha de reabilitação que sintetiza os procedimentos de aplicação, materiais, equipamentos, mão-de-obra, rendimentos da equipa e um custo estimado. Juntamente com esta dissertação, identifica-se e classifica-se as anomalias mais comuns nas coberturas em terraço, devidamente caracterizadas na dissertação de mestrado “Sistemas de inspeção e diagnóstico de coberturas em terraço. Recuperação do edificado do exército” (Conceição, 2015), cujo desenvolvimento complementa e é complementada pela presente dissertação.

Dada a grande variedade de materiais utilizados como revestimentos de impermeabilização e isolantes térmicos, foram selecionadas para este estudo os materiais que representam uma maior expressão do edificado em Portugal, nomeadamente as membranas betuminosas, as membranas em PVC e as membranas líquidas com resinas poliméricas. No caso dos isolantes térmicos, deu-se mais ênfase aos isolantes minerais e aos sintéticos.

Quanto ao universo de coberturas em terraço abrangidas pela dissertação, esta não analisa as coberturas tipo *deck*, coberturas com inclinação zero e as coberturas do tipo ajardinadas.

1.3 Metodologia da dissertação

A dissertação segue como metodologia de investigação a recolha bibliográfica e o trabalho de campo.

Inicialmente foi realizado um seminário de investigação onde foi realizado um levantamento de referências bibliográficas, trabalhos de investigação e catálogos de materiais sobre o tema. O seminário era constituído por um índice preliminar e uma calendarização com o desenvolvimento das várias fases de desenvolvimento da dissertação e do trabalho de campo.

Após a realização do seminário de investigação, deu-se início à escrita da dissertação e ao contacto com empresas de produção e aplicação de sistemas de impermeabilização em coberturas em terraço.

Após concluída a matriz teórica de correlação anomalias - técnicas de reabilitação, iniciou-se o trabalho de campo. Este consistiu numa campanha de 105 inspeções a coberturas em terraço do edificado do Exército, da Força Aérea, da Guarda Nacional Republicana e a infraestruturas civis. Houve um esforço no sentido de abranger todas as anomalias identificadas na recolha bibliográfica e obter dados suficientes para calibrar e validar a matriz de correlação proposta. As inspeções foram

apoiadas em fichas técnicas, fichas de inspeção e validação, equipamento para medir a pendente das coberturas e máquina fotográfica.

Concluído o trabalho de campo, foi efetuada a validação do sistema proposto e uma análise estatística das observações registadas na amostra, permitindo retirar conclusões acerca dos elementos que constituem a cobertura.

1.4 Trabalhos consultados no âmbito da dissertação

Para a realização da dissertação, foram consultados vários trabalhos de investigação desenvolvidos ou ainda em desenvolvimento, por constituírem informação relevante ou que apresentam uma estrutura semelhante. Destes destacam-se:

- Batista, S. Impermeabilização de coberturas em terraço: directrizes para o projecto. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2004;
- Silvestre, J. D. Sistema de apoio à inspecção e diagnóstico de anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes. Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2005;
- Ginga, D. Sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço. Materiais, sistemas e anomalias. Dissertação de Mestrado em Engenharia Militar, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008;
- Palha, F. Tecnologia e reabilitação de estuques correntes em paramentos interiores. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008;
- Lopes, N. Tecnologia e reabilitação de revestimentos exteriores de coberturas inclinadas. Dissertação de Mestrado em Engenharia Militar, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009;
- Conceição, J. Sistema de inspeção e diagnóstico de coberturas em terraço. Recuperação do edificado do exército. Dissertação de Mestrado em Engenharia Militar, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2015.

1.5 Organização da dissertação

A dissertação de mestrado é constituída por seis capítulos, referências bibliográficas e anexos.

No primeiro capítulo, designado de introdução, é apresentada a justificação para a realização da presente dissertação e os objetivos que se pretende atingir. Também neste capítulo, é descrita a metodologia e a organização da dissertação, e ainda os trabalhos de investigação já realizados neste tema e que serviram de ponto de partida.

No capítulo 2, denominado de tecnologia, são descritas as exigências funcionais que a cobertura deve cumprir, ou seja, um conjunto de critérios classificativos que a cobertura em terraço pode ter, em função: dos materiais que a constitui; do posicionamento relativo entre os elementos; da acessibilidade; da pendente e do tipo de estrutura resistente. São abordados os materiais que podem ser utilizados nas várias camadas da cobertura, fazendo-se uma breve descrição das suas características, nomeadamente dos materiais de impermeabilização e dos isolantes térmicos.

O capítulo 3, designado de patologia, identifica e caracteriza de uma forma sumária as anomalias presentes nas coberturas em terraço com o objetivo de analisar a sua origem, permitindo optar pela técnica de reparação mais adequada.

No capítulo 4, denominado de reabilitação, é apresentado o cenário da reabilitação e da construção nova do edificado em Portugal nos últimos anos. É proposto neste capítulo um conjunto de técnicas de reabilitação e de manutenção das coberturas em terraço que visam corrigir os elementos que estão degradados ou não estejam a cumprir os seus requisitos funcionais. Cada técnica de reabilitação é constituída por uma ficha de reparação que inclui um conjunto de trabalhos a efetuar, custo estimado, materiais, mão-de-obra e equipamentos necessários para a sua execução. No final do capítulo, é apresentada uma matriz de correlação anomalias - técnicas de reabilitação com base na informação recolhida da consulta bibliográfica ou entrevistas a pessoal ligado ao sector.

No capítulo 5, designado de validação do sistema e tratamento estatístico, é calibrada e validada a matriz de correlação proposta no capítulo anterior, com base nos resultados obtidos no plano de inspeções. Este capítulo é também composto por uma série de dados recolhidos na amostra, que se considera importantes para tirar conclusões sobre os comportamentos das coberturas em terraço.

O capítulo 6, designado de conclusões, apresenta as conclusões retiradas da respetiva dissertação e menciona desenvolvimentos e trabalhos futuros que poderão ser realizados sobre esta temática.

Nas referências bibliográficas, são apresentadas todas as fontes consultadas para a realização da presente dissertação.

Por fim, são apresentados Anexos à dissertação, que contêm dados que complementam a formação do trabalho de investigação.

2 Tecnologia de coberturas em terraço

2.1 Considerações gerais

Segundo Gomes (1968), uma cobertura consiste num conjunto de elementos resistentes e protetores que têm como principal função proteger o espaço interno dos edifícios das ações meteorológicas (chuva, calor, frio, vento e neve).

Consoante a pendente e os tipos de materiais, uma cobertura pode ser classificada, de um modo geral, em dois tipos, cobertura inclinada ou cobertura em terraço. O tipo de cobertura a adotar depende não só de razões estéticas mas sobretudo das condições atmosféricas da zona onde será implantada. Em zonas mais chuvosas, como na China, e devido à época das monções, a cobertura inclinada é predominante, já em climas mais áridos como no norte de África o que predomina são as coberturas em terraço (Rocha, 2008; António, 2011).

As primeiras coberturas planas consistiam em terra compactada, apoiada sobre caniços ou *latillas* que, por sua vez, apoiavam em vigas de madeira. A terra compactada utilizada em coberturas traz vários problemas: para além do seu peso próprio, tem a agravante de, quando ocorre precipitação, perder capacidade de funcionar como barreira térmica (Serôdio, 2007/2008).

Após a Segunda Guerra Mundial, deu-se uma grande evolução quer dos materiais usados na construção, quer dos sistemas de impermeabilização e das tecnologias de construção. Estas evoluções, juntamente com o início do movimento da Arquitetura Moderna e com a necessidade de aproveitar o espaço dos edifícios, conduziram a um acréscimo do número de coberturas em terraço em Portugal (Tostões, 2004).

Entende-se por cobertura plana, ou em terraço, aquela em que os materiais que a constituem estão dispostos em camadas horizontais ou próximos dessa posição. Na realidade, uma cobertura plana terá uma pendente mínima de 1%, de acordo com o Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU). No caso particular de habitação social, as Recomendações Técnicas de Habitação Social (RTHS) recomendam que este valor deve ser duplicado. O limite superior da pendente para que a cobertura possa ser considerada de terraço é da ordem de 8%. Na verdade, a classificação da cobertura quanto à sua pendente varia consoante o país e a legislação em vigor (Lopes, 2010; Decreto-Lei n.º 38382, 1988).

Para além do aspeto estético que a cobertura plana tem, existe ainda um conjunto de exigências a serem seguidas pelos intervenientes na promoção da habitação social, definindo as características técnicas a que deverão obedecer a conceção, o projeto e a construção dessas habitações. As RTHS pretendem garantir a qualidade da construção através da explicitação das exigências dos utentes, nos aspetos relacionados com a segurança, habitabilidade, durabilidade e economia (Lopes, 2010).

A cobertura em terraço é constituída essencialmente pelos seguintes elementos: estrutura resistente, camada de forma, isolamento térmico, revestimento de impermeabilização e camada de proteção. Poderão ainda constituir a cobertura a camada de regularização, a barreira ao vapor e a camada de dessolidarização. As coberturas planas podem ser classificadas sob diversos aspetos,

como a acessibilidade; a camada de proteção; o tipo de revestimentos de impermeabilização; o posicionamento do isolamento térmico em relação ao sistema de impermeabilização; a pendente e a estrutura resistente (Lopes, 2010; Serôdio, 2007/2008).

A cobertura tradicional e a cobertura invertida são dois tipos de coberturas em terraço em que o principal aspeto em que diferem é o posicionamento do revestimento de impermeabilização em relação ao isolamento térmico. A adoção da cobertura tradicional na maioria dos casos pode não ser a melhor opção uma vez que a deterioração do revestimento de impermeabilização é superior ao da cobertura invertida e, consequentemente, o tempo de vida útil da cobertura será inferior. Tal acontece devido ao sistema de impermeabilização se encontrar mais exposto ao choque térmico, não só diário mas também sazonal, à radiação ultravioleta, caso não exista camada de proteção, e danos mecânicos que podem ocorrer não só durante a execução da cobertura como também em operações de manutenção.

O sistema de drenagem nas coberturas em terraço pode ser constituído por caleiras, tubos de queda e tubos ladrão e tem como objetivo efetuar o escoamento das águas pluviais. É um sistema que requer especial atenção, pois uma anomalia pode comprometer a estanqueidade da cobertura ou, no caso de obstrução do sistema, este perde eficiência no escoamento das águas comprometendo a capacidade resistente da cobertura [w₁₅].

De modo a garantir a durabilidade e o bom funcionamento, quer da cobertura quer do sistema de drenagem, é necessário implementar ações de manutenção. Estas ações têm como objetivo garantir o nível de desempenho da cobertura durante o período de vida útil, através de intervenções adequadas. Para tal, é necessário efetuar inspeções periódicas com o objetivo de verificar o estado de conservação da cobertura, verificando se existem obstáculos que estejam a perturbar o seu correto funcionamento ou se existe a necessidade de efetuar reparações de anomalias enquanto estas ainda se encontram pouco desenvolvidas (Cóias, 2004).

A reabilitação tem como missão o aumento do nível de desempenho e de qualidade do elemento construtivo a intervir com vista a satisfazer as exigências atuais. Uma cobertura em terraço pode ser reabilitada tendo em conta vários aspetos, como por exemplo melhorar a eficiência térmica, melhorar o isolamento sonoro, prevenir danos na estrutura, entre outros. Estas ações de reabilitação têm um contributo bastante positivo para o valor do imóvel; como exemplo, tem-se uma intervenção no sentido de melhorar as capacidades de isolamento térmico reduzindo as trocas de calor com o meio exterior; tal traduz-se não só num aumento da qualidade de conforto mas também numa redução no consumo de energia que consequentemente contribui para a redução das emissões de dióxido de carbono (Rockwool, 2012).

O Comité Europeu de Normalização (CEN), a Organização Europeia de Aprovação Técnica (EOTA) e a União Europeia para Aprovação Técnica na Construção (UEAtc), ilustrados na Figura 2.1, são os principais organismos regularizadores da normalização de revestimentos de impermeabilização na Europa. Em Portugal, a entidade responsável pela normalização dos produtos de impermeabilização aplicados na indústria da construção civil é o Instituto Português da Qualidade IPQ. Assim sendo, estes produtos encontram-se contemplados nas especificações técnicas EOTA, segundo o Guia de Aprovação Orientação Técnica Europeia (ETAG) 005 “*liquid applied roof waterproofing kits*”.

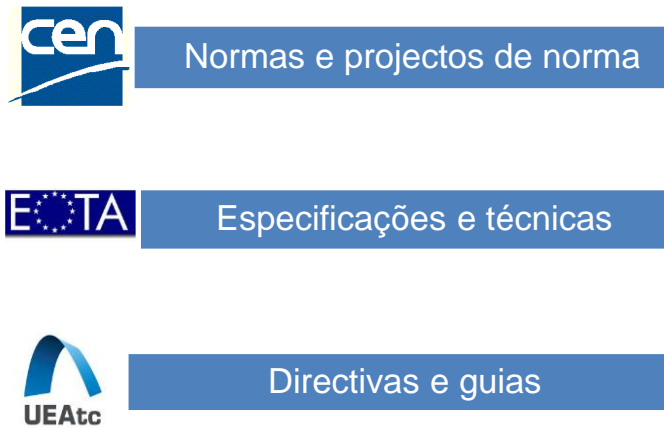


Figura 2.1 - Organismos reguladores sobre revestimentos na Europa

O IPQ é o membro português do CEN que, através da Comissão Técnica de Normalização (CT), elabora a versão portuguesa das normas europeias, em colaboração com várias entidades sendo o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) uma das que mais tem contribuído nesta tarefa (Ginga, 2008). Batista (2004) faz referência a vários organismos de normalização de impermeabilização que são referenciados de seguida:

- *American National Standards Institute (ANSI)*, EUA;
- *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, EUA;
- *Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)*, Brasil;
- *Association Française de Normalisation (AFNOR)*, França;
- *British Standards Institute (BSI)*, Reino Unido;
- *Deutsches Institut für Normung (DIN)*, Alemanha;
- *Nacional Español de Unificación (UNE)*, Espanha;
- *Nazionale Italiano di Unificazione (UNI)*, Itália.

2.2 Características das coberturas em terraço

2.2.1 Exigências funcionais

As exigências funcionais definem-se não só para a cobertura como um todo mas também para os componentes que a constituem. De um modo geral, as exigências impostas às coberturas em terraço segundo as diretivas gerais UEAtc agrupam-se nas seguintes classes de qualidade: exigências de segurança; exigências de habitabilidade; exigências de durabilidade e aplicação em obra e de funcionamento. Estas classes encontram-se sintetizadas no Quadro 2.1.

Quanto às exigências a adotar nos materiais de impermeabilização, agrupam-se nas seguintes classes: exigências de segurança; exigências de aptidão ao uso; exigências relativas à conservação das qualidades e exigências relativas à manutenção e reparação (Lopes, 2010).

Quadro 2.1 - Exigências funcionais para coberturas em terraço (adaptado de Lages, 1994; Ginga, 2008; Lopes, 2010)

Exigências funcionais		Tipos discriminados de exigências
Segurança	Estabilidade	Resistência a ações climáticas e de utilização
		Resistência a deformações impostas
		Resistência à ação do granizo
		Resistência a ações de choque
	Segurança na circulação	Segurança contra risco da queda de objetos perigosos
	Segurança contra incêndio	Limitação de reação ao fogo
		Garantia de resistência ao fogo
		Limitação de propagação do fogo (em superfície e em profundidade)
Habitabilidade	Estanqueidade à água	Estanqueidade à água da chuva
		Estanqueidade à neve fundente
		Estanqueidade à neve pulverulenta
	Conforto térmico e economia de energia	Limitação da permeabilidade ao ar
		Garantia de resistência térmica
		Controlo da penetração da radiação solar (pelas partes transparentes e translúcidas)
	Qualidade do ar	Ausência de emissão de odores pelos materiais
		Ausência de emissão de gases nocivos pelos materiais
	Acústicas	Isolamento sonoro à transmissão de sons aéreos do exterior
		Limitação de transmissões marginais de sons aéreos
		Limitação do nível sonoro do ruído originado por ações de choque (em condições de uso normal)
		Limitação do nível sonoro do ruído originado pela chuva e granizo
		Adequação do comportamento acústico sob o efeito do vento, de variações de temperatura e da humidade
		Adequação de absorção acústica do teto
	Aspetto	Planeza do teto
		Limitação de defeitos superficiais e textura
		Adequação para receber acabamento de teto
		Aspetto exterior
	Higiene	Ausência de retenção de água
	Adequação ao uso	Possibilidade de circulação
		Resistência a ações de choque
		Resistência a ações de punçoamento
		Resistência aos agentes químicos
		Resistência ao cigarro aceso
Durabilidade	Durabilidade	Limitação das perdas de desempenho sob efeito das ações climáticas e dos agentes atmosféricos
		Limitação das perdas de desempenho sob efeito ou projeções de água e de condensações
Aplicação em obra e de funcionamento	Aplicação em obra e de funcionamento	Adequação dos componentes ao transporte
		Adequação dos componentes ao armazenamento
		Segurança no trabalho
		Facilidade de conservação

2.2.2 Classificação da cobertura

De modo a abranger os principais aspetos a considerar na conceção e execução e segundo Lopes (2010), as coberturas em terraço podem ser classificadas de acordo com:

- a acessibilidade;
- a camada de proteção da impermeabilização;
- o tipo de revestimento de impermeabilização;
- o posicionamento do isolamento térmico face ao revestimento de impermeabilização;
- a pendente;
- a estrutura resistente.

2.2.2.1 Classificação quanto à acessibilidade

Tendo em conta o tipo de utilização da cobertura, esta pode ser classificada como cobertura não acessível, acessível ou cobertura especial. Nas coberturas não acessíveis, o seu acesso tem apenas como objetivo a realização de trabalhos de manutenção e reparação ao passo que as coberturas acessíveis permitem a circulação e permanência de pessoas. Na classe das acessíveis, também estas podem ser classificadas como sendo acessíveis a pessoas ou acessíveis a veículos como por exemplo os parques de estacionamento. As coberturas especiais são coberturas do tipo ajardinadas, industriais, etc. O Quadro 2.2 sintetiza a classificação das coberturas quanto à acessibilidade (Lopes, 2010).

Quadro 2.2 - Classificação quanto à acessibilidade (Lopes, 2010)

Classe de cobertura		Tipos de utilização
Não utilizáveis		Acesso limitado a trabalhos de manutenção e reparação
Acessíveis a pessoas		Acesso limitado à circulação de pessoas
Acessíveis a veículos	ligeiros	Acesso limitado à circulação de veículos ligeiros e de pessoas
	pesados	Permitida a circulação de veículos pesados e ligeiros e de pessoas
Coberturas especiais		Coberturas com jardins, equipamentos industriais ou de outro tipo

2.2.2.2 Classificação quanto à camada de proteção da impermeabilização

A finalidade da camada de proteção consiste em proteger os elementos subjacentes da radiação ultravioleta bem como do desgaste superficial. No caso da proteção pesada, para além de garantir estas funcionalidades, tem também a função de garantir peso suficiente para que os elementos subjacentes não sejam arrastados pela ação do vento, caso alguns deles não estejam ligados entre si.

O tipo de proteção aplicado na camada de impermeabilização ou a sua ausência classificam as coberturas em três classes: coberturas sem proteção, coberturas com proteção leve e coberturas com proteção pesada (Lopes, 2010). No Quadro 2.3, encontra-se sintetizada a classificação quanto ao tipo de proteção e natureza dos materiais.

Quadro 2.3 - Classificação quanto ao tipo de proteção e materiais (Lopes, 2010)

Classes de Cobertura	Materiais de proteção		
	Aplicação	Natureza	Designação
Sem proteção	-	-	-
Com proteção leve	em fábrica	mineral	areia fina areão gravilha lamelas de xisto
		metálica	folha de alumínio folha de cobre
		orgânica	folha de plástico
	em obra	mineral	areão gravilha
		orgânica	tintas de alumínio pinturas com cal
Com proteção pesada	em obra, em camada rígida		betonilha ladrilhos sobre betonilha placas prefabricadas: -de betão -de material cerâmico -de madeira
	em obra, em camada com material solto		godo, calhau ou seixo material britado

As coberturas sem proteção são as que não têm qualquer camada de proteção aplicada sobre a mesma ou integrada no revestimento. A proteção leve sobre a camada de impermeabilização pode ser aplicada em fábrica ou em obra, embora esta última seja menos usual. Os materiais aplicados em fábrica nas membranas auto-protegidas podem ser minerais ou metálicos, ao passo que a proteção das membranas em obra poderá ser efetuada através de uma camada ligeira de areão, gravilha ou até mesmo através de uma pintura.

Em resultado de uma entrevista à Sotecnisol, entendeu-se que a aplicação metálica, como folha de alumínio ou cobre, se encontra em desuso devido a problemas de desagregação entre a impermeabilização e a camada de proteção, pois os materiais apresentam elasticidades distintas e consequentemente deformações diferentes agravadas pelos ciclos de aquecimento-arrefecimento mas também porque a proteção da membrana com folha metálica origina problemas de condensação.

No caso da proteção pesada, esta apenas pode ser aplicada em obra sendo os materiais utilizados para proteção da cobertura condicionados pelo tipo de acessibilidade da cobertura. Se a cobertura for do tipo não-acessível, os materiais mais recorrentes são britados ou seixo rolado. Se a cobertura for acessível a pessoas, a utilização de betão ou betonilha revestida são os materiais mais adequados. A Figura 2.2 ilustra uma cobertura com proteção leve e a Figura 2.3 uma cobertura com proteção pesada.



Figura 2.2 - Exemplo de cobertura com proteção leve, xisto [w₁]



Figura 2.3 - Exemplo de cobertura com proteção pesada, lajetas [w₁]

2.2.2.3 Classificação quanto ao tipo de revestimento de impermeabilização

Segundo Lopes (2010), os revestimentos de impermeabilização podem ser classificados em tradicionais ou não-tradicionais.

Os revestimentos tradicionais são aqueles em que se conhece bem as suas características e que são utilizados frequentemente em obra. Já os revestimentos não-tradicionais são os revestimentos mais recentes sem grande conhecimento dos seus comportamentos em obra (Lopes, 2010).

2.2.2.4 Classificação quanto ao posicionamento da camada de isolamento térmico

Quanto à posição ocupada pelo isolamento térmico face ao sistema de impermeabilização, a cobertura plana pode ser classificada em cobertura tradicional ou cobertura invertida (Lopes, 2010).

A cobertura tradicional caracteriza-se por ter o isolamento térmico por baixo do sistema de impermeabilização, como se pode ver na Figura 2.4.

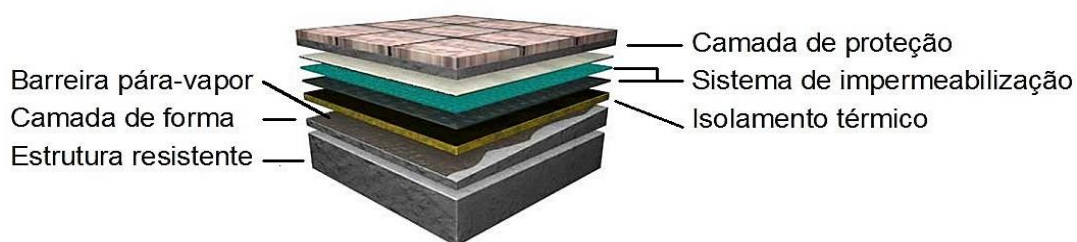


Figura 2.4 - Cobertura tradicional [adaptado de w₁₉]

Este tipo de coberturas sofre uma maior deterioração da camada de impermeabilização uma vez que esta se encontra exposta a:

- variações diferenciais de temperatura (tanto diária como sazonal);
- danos mecânicos, em particular durante a fase de construção;
- degradação por radiação ultravioleta (na ausência de proteção);
- degradação provocada pela humidade presente na parte inferior do revestimento de impermeabilização.

Numa cobertura invertida, o isolamento térmico encontra-se por cima do sistema de impermeabilização, protegendo assim o sistema de impermeabilização dos fatores enunciados anteriormente na cobertura tradicional, contribuindo para uma maior durabilidade. Na Figura 2.5 encontra-se representada a disposição das várias camadas.

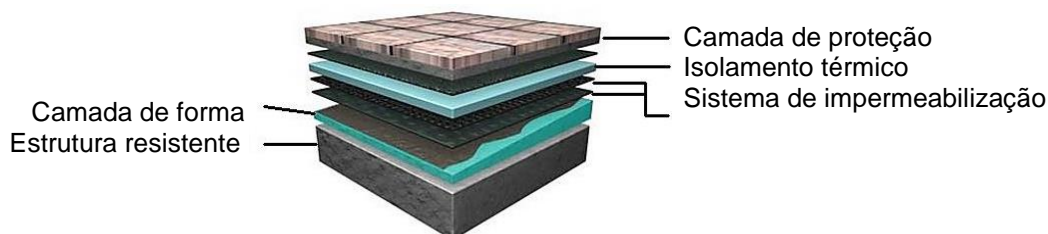


Figura 2.5 - Cobertura invertida [adaptado de w₁₉]

A Figura 2.6 apresenta um perfil de temperaturas para cada elemento que constitui a cobertura tradicional e a cobertura invertida em situação de verão. Da análise da figura mencionada, pode-se concluir que o sistema de impermeabilização na cobertura tradicional se encontra sujeito a temperaturas bastante superiores às registadas num sistema de impermeabilização de uma cobertura invertida. Dependendo da espessura do isolamento térmico, da exposição à radiação solar, da estação do ano e do tipo de proteção da cobertura, o revestimento de impermeabilização na cobertura invertida pode tomar valores de temperatura 50% mais baixos do que a cobertura tradicional. A amplitude térmica diária tem também um impacto grande na degradação do revestimento de impermeabilização, contribuindo para uma redução do seu período de vida útil. Esta amplitude toma relevada importância em Portugal na estação da primavera e outono, em que na face da membrana virada para o interior do edifício toma valores insignificantes de variação térmica, cerca de 2 ou 3 °C, enquanto na face voltada para o exterior a variação diária já é mais acentuada, podendo tomar valores entre 10 e 50 °C.

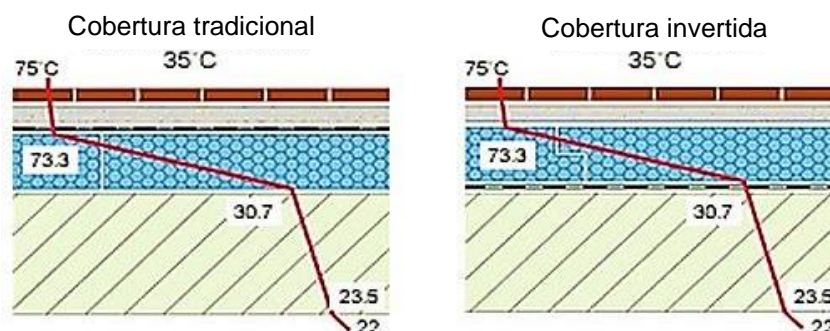


Figura 2.6 - Perfil de temperaturas na cobertura tradicional e invertida numa situação de verão [w₁₁]

A cobertura invertida é a mais utilizada atualmente, não só pela maior durabilidade do sistema de impermeabilização, mas também pela facilidade e rapidez na aplicação do isolamento térmico, o que permite menores custos de mão-de-obra. Neste sistema, o isolamento térmico pode ser aplicado sob qualquer condição meteorológica o que se traduz numa maior rapidez de execução. O facto de o sistema de impermeabilização estar sob o isolamento térmico faz com que este desempenhe a função de barreira ao vapor, ou seja, deixa de ser necessária a utilização de barreira ao vapor, quan-

do tal fosse requerido, ao contrário da cobertura tradicional. Na escolha do isolamento térmico para utilização neste tipo de cobertura, é importante utilizar um material que tenha capacidade de absorção muito reduzida uma vez que se encontra em contacto com a água [w_{11}].

2.2.2.5 Classificação quanto à pendente

A classificação da cobertura em relação à pendente varia de país para país, sendo que em Portugal se considera cobertura em terraço uma cuja pendente seja inferior a 8%. Na realidade, uma cobertura plana terá uma pendente mínima de 1%, de acordo com o RGEU (Artigo 43º ponto 2). No caso particular de habitação social, as RTHS recomendam que este valor deve ser duplicado (Lopes, 2010).

A UEAtc classifica a cobertura em quatro classes, como se pode observar no Quadro 2.4. Esta classificação é feita de uma forma indireta tendo em conta a facilidade de escoamento da água e a aplicação de determinados tipos de proteção sobre a mesma.

Quadro 2.4 - Classificação das coberturas quanto à pendente de acordo com as diretivas da UEAtc (Lopes, 2010)

Classe de cobertura	Designação
Classe I	coberturas cuja pendente origina estagnação de água e permite a aplicação de proteção pesada
Classe II	coberturas cuja pendente permite o escoamento de água e a aplicação de proteção pesada
Classe III	coberturas cuja pendente, embora permitindo o escoamento fácil da água, não aceita a aplicação de proteção pesada
Classe IV	coberturas cuja pendente impõe medidas especiais na aplicação das suas camadas

2.2.2.6 Classificação quanto à estrutura resistente

A classificação da cobertura em relação à estrutura resistente é feita com base na sua deformabilidade, podendo ser flexível ou rígida segundo as deformações na direção perpendicular ao plano da cobertura sejam mais ou menos significativas (Lopes, 2010). As estruturas resistentes rígidas, podem-se ainda subdividir em contínuas, nos casos em que são executadas sem juntas, e descontínuas nos casos em que são executadas com juntas.

Assim, apresenta-se no Quadro 2.5 exemplos de soluções correntes de estruturas resistentes rígidas e estruturas resistentes flexíveis (Lopes, 2010).

Quadro 2.5 - Classificação quanto à estrutura resistente (Lopes, 2010)

Classe de cobertura		Soluções correntes
Com estrutura resistente rígida	contínua	pré-lajes lajes maciças e aligeiradas de betão armado ou pré-esforçado
	descontínua	prancha vazadas “perfis” especiais
Com estrutura resistente flexível		chapas metálicas nervuradas pranchas de madeira ou seus derivados

2.2.3 Descrição dos elementos que constituem a cobertura

Independentemente do tipo de cobertura em terraço e com o objetivo de satisfazer as exigências funcionais, a cobertura é constituída essencialmente pelos seguintes elementos: estrutura de suporte, camada de forma, isolamento térmico, impermeabilização e camada de proteção. A ordem de colocação de alguns elementos bem como o número de camadas depende do tipo de cobertura e do seu uso final. As camadas que constituem a maioria das coberturas planas encontram-se bem definidas e documentadas, pois cada uma desempenha uma função específica. O Quadro 2.6 sintetiza todos os elementos que podem constituir uma cobertura plana.

Quadro 2.6 - Elementos da cobertura em terraço (adaptado de Lopes, 2010; Imperialum, 2014; Sotecnisol, 2012)

Elementos	Detalhe
Estrutura resistente	Elemento que assume a função resistente da cobertura. Pode ser flexível ou rígida consoante as deformações sejam mais ou menos significativas. Estas deformações têm implicações na acessibilidade e na constituição das camadas sobrejacentes, mais concretamente com a impermeabilização.
Camada de forma	Esta camada confere penderes à estrutura resistente e tem o objetivo de dirigir a água para os locais de escoamento. Esta pode ser executada em betão leve de argila expandida, betão leve de granulado de cortiça ou betão celular. A camada de forma pode, constituir a camada de isolamento, sendo que neste caso a barreira ao vapor deve estar colocada entre as camadas de forma e de regularização.
Camada de regularização	Consiste numa camada de pequena espessura. Esta camada só é necessária caso a camada de forma apresente rugosidade e haja a necessidade de a tornar lisa para garantir uma boa aplicação do sistema de impermeabilização.
Barreira ao vapor	Tem como função impedir que o fluxo de vapor entre em contacto com o isolamento térmico, o que provocaria um aumento da condutividade térmica. Esta só é necessária nos casos em que a camada de impermeabilização está sobre o isolamento térmico.
Isolamento térmico	Elemento com elevada resistência térmica, contribuindo assim para reduzir as trocas de calor entre o exterior e o interior dos edifícios garantindo as exigências de conforto térmico. A regulamentação atual, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE), exige a colocação de isolante térmico na cobertura.
Sistema de impermeabilização	Tem como função assegurar a estanqueidade da cobertura, impedindo assim a infiltração de fluidos para os elementos subsequentes.
Camada de dessolidarização	Permite manter afastados materiais incompatíveis, diminuindo o fator de atrito e o esforço de punção localizado.
Camada de proteção	Tem como função proteger o revestimento de impermeabilização ou isolamento térmico de agressões diversas nomeadamente as mecânicas, climáticas e químicas. Esta camada concede o acabamento final da cobertura.

2.2.4 Classificação quando ao modo de ligação do sistema de impermeabilização ao suporte

A ligação do sistema de impermeabilização ao suporte pode ser classificada da seguinte forma: sistema aderente, sistema semiaderente, sistema independente e sistema com fixação mecânica (Lopes, 2010). O Quadro 2.7 sintetiza os tipos de ligação do revestimento de impermeabilização ao suporte.

Os sistemas aderentes deveram ser utilizados em climas temperados, com diferenciais de temperatura e humidade entre o interior e o exterior moderados, e em climas quentes ou frios com ventos muito fortes. A ligação da membrana ao suporte consiste numa prévia aplicação do primário betuminoso nas zonas de colagem, podendo-se usar um betume a quente quando a base for em aglomerado de cortiça. Posteriormente à aplicação do primário, é feita a fusão do material ao suporte (Rocha, 2008; Sotecnisol, 2012).

Quadro 2.7 - Classificação quanto à ligação do sistema de impermeabilização ao suporte (adaptado de Serôdio, 2007/2008; Sotecnisol, 2012)

Classificação do sistema	Tipo de ligação	Materiais
Sistema aderente	Produtos de ligação	Betume insuflado (a quente)
		Colas especiais (a frio)
	Fusão do material	Membranas com base em betume
		Membranas termoplásticas
Sistema semiaderente	Material auxiliar	Feltros simples ou betuminosos
	Produtos de colagem	Colas especiais
Sistema independente	Aplicação sobre o suporte com uma proteção pesada	-
Fixação mecânica	Fixação mecânica	Parafusos metálicos ou plásticos

Os sistemas semiaderentes são mais indicados para locais com diferenciais de temperatura e humidade elevados, ou seja, climas frios ou muito frios. A utilização em climas quentes com ventos fortes também é possível. A ligação da membrana da primeira camada ao suporte é executada por fusão do material em pontos ou em faixas regularmente espaçadas. A membrana da segunda camada é totalmente aderente à primeira e a sua ligação pode ser feita por fusão do material ou por colagem. No caso de suportes de betão ou argamassas, é aplicado previamente à membrana um primário betuminoso nas zonas de aderência do sistema de impermeabilização. Se o suporte for metálico, não é necessária a aplicação de primário, isto é, a primeira camada é aplicada sobre a chapa e a segunda camada de membranas é totalmente aderente à primeira (Sotecnisol, 2012).

Os sistemas independentes são indicados para climas temperados sem grandes diferenciais de temperatura e humidade e com ventos moderados. Estes sistemas também podem ser utilizados em climas frios desde que sejam instaladas purgas de saída de vapor de água. As membranas são soldadas entre si por fusão do material e ligadas ao suporte nas zonas de concordância entre planos horizontais e verticais e nos pontos singulares, sendo aplicado previamente um primário betuminoso no caso das membranas betuminosas. As soluções de impermeabilização aplicadas em sistema independente têm necessariamente de ser protegidas com uma proteção pesada (Medeiros, 2003; Sotecnisol, 2012).

Embora o sistema independente seja de fácil e rápida execução, necessita de ser dimensionado à ação do vento. Os fatores que afetam o seu dimensionamento são: a localização e altura do edifício, os ventos dominantes e as velocidades médias de rajada (Rocha, 2008).

De acordo com a entrevista efetuada na Sotecnisol, conclui-se que os sistemas de fixação mecânica a membranas têm de ter obrigatoriamente armadura em poliéster, uma vez que a membrana se encontra sujeita a tensões localizadas junto das ligações. A concentração de fixações numa cobertura poderá não ser uniforme, mas a zona de ligação que requer maior atenção à ligação será a próxima do bordo. De um modo geral, uma cobertura tipo divide-se em 3 zonas como se pode observar na Figura 2.7 em que a zona A corresponde à maior concentração de elementos de fixação, a zona B corresponde a uma concentração intermédia e a zona C à menor concentração. As fixações de um modo geral são aplicadas numa faixa no bordo da membrana e distanciados de cerca de 20 cm.

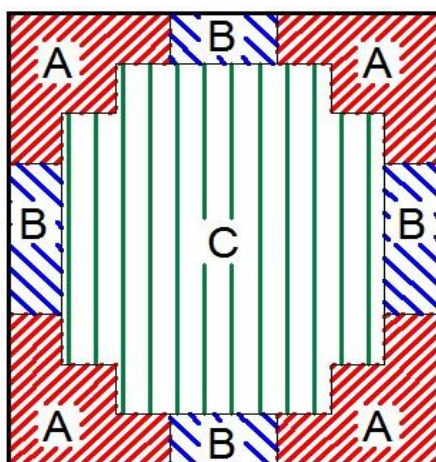


Figura 2.7 - Esquema da concentração de fixações mecânicas numa cobertura

2.3 Materiais

Até à década de setenta, era usual a utilização de materiais e sistemas de impermeabilização tradicionais. Após esta data, e com o surgir da crise petrolífera, houve a necessidade de criar novos sistemas de impermeabilização que fossem não só eficazes no sentido de garantir a estanqueidade e as condições de conforto, mas sobretudo que fossem sistemas cada vez mais eficientes, de forma a conseguir garantir todas as suas funcionalidades com o mínimo emprego de recursos. A resposta a estas exigências surgiu não só com a prática de novos métodos de execução mas também na utilização de novos materiais, como é o caso do isolamento térmico nos edifícios para diminuir as trocas de calor entre este e o exterior (Lopes, 2010; António, 2011).

A utilização pela primeira vez de materiais e sistemas de impermeabilização não tradicionais na Europa, como na Suécia, França e Alemanha, remota à década de setenta. Em Portugal a utilização deste tipo de materiais nas coberturas em terraço teve início por volta de 1984. O asfalto betuminoso foi um dos materiais tradicionais mais utilizados nos primeiros sistemas de impermeabilização em Portugal. Nos dias de hoje, esse material já não é utilizado como material de impermeabilização, mas sim na obtenção de outros produtos de impermeabilização com características melhoradas (Lopes, 2010).

Atualmente, existe uma grande diversidade de materiais para a aplicação em sistemas de impermeabilização na construção. Segundo Lopes (2010), quanto ao tipo de materiais, o sistema de impermeabilização pode ser classificado em materiais tradicionais e materiais não-tradicionais. Os materiais tradicionais distinguem-se dos não-tradicionais por existir um conhecimento suficiente quer das suas características quer do modo de aplicação e utilização.

2.3.1 Sistema de impermeabilização com materiais tradicionais

Do conjunto dos materiais tradicionais, estes podem ser líquidos ou pastosos e o revestimento de impermeabilização é aplicado *in situ* ou com materiais pré-fabricados sendo estes formados por membranas. Atualmente, a aplicação de produtos líquidos ou pastosos como sistema de impermeabilização é bastante reduzida, sendo utilizados principalmente como produto de preparação de superfície ou como produto de proteção dos revestimentos de impermeabilização (Lopes, 2010). O Quadro 2.8 apresenta o tipo de materiais tradicionais utilizados nos sistemas de impermeabilização.

Quadro 2.8 - Classificação do sistema de impermeabilização com materiais tradicionais (adaptado de Lopes, 2010)

Materiais tradicionais		
Aplicação	Classe de materiais	Tipo de materiais constituintes
<i>in situ</i>	materiais betuminosos	betume de destilação direta betume oxidado ou insuflado
	produtos elaborados	emulsões betuminosas pinturas betuminosas produtos betuminosos modificados cimento pozolânico
pré-fabricados	armaduras saturadas ou impregnadas	telas betuminosas feltros betuminosos
	Membranas betuminosas	armadas com feltro armadas com tela armadas com folha

2.3.1.1 Materiais betuminosos

O betume, ilustrado na Figura 2.8, é uma mistura líquida de alta viscosidade, cor negra, não volátil, praticamente insolúvel em água que possui propriedades adesivas e impermeabilizantes. O aumento de temperatura na ordem de 150 a 200 °C faz com que a sua viscosidade diminua. Este material é composto por vários materiais orgânicos, principalmente carbono e hidrogénio. O betume pode ser produzido por processos artificiais através da refinação de petróleo ou por extração natural onde o asfalto está associado à matéria mineral, como se pode observar na Figura 2.9 (ETAG 005, 2004; w_{20}).

Varlan (1964) define betumes naturais como “hidrocarbonetos sólidos ou semissólidos, podendo ser geralmente considerados como resíduos de antigos jazigos de petróleo onde os elementos mais voláteis migram e evaporam para o exterior”.



Figura 2.8 - Betume [w22]



Figura 2.9 - Asfalto natural [w23]

Os betumes artificiais podem ser obtidos por destilação direta ou por insuflação de ar quente, vulgarmente designado por betume oxidado. A destilação direta consiste na destilação atmosférica ou em vazio das ramas de petróleo após ter sido previamente separada por decantação a água emulsificada, ao passo que o betume oxidado é obtido dos betumes de destilação direta por insuflação de ar quente na sua massa que, durante o processo de aquecimento, dá origem a reações de oxidação. Estes produtos são utilizados muitas das vezes como parte integrante de sistemas multicamada aplicados *in situ*, como auxiliar de uma colagem das membranas betuminosas ou para execução de remates (Lopes, 2010; Sotecnisol, 2012).

As ações que contribuem para o envelhecimento dos betumes são a radiação solar, através da gama dos ultravioletas, as altas e baixas temperaturas e as variações bruscas de temperatura. Grande parte destes produtos de impermeabilização são aplicadas a quente sob a forma líquida ou em pasta como ilustra a Figura 2.10.



Figura 2.10 - Cobertura impermeabilizada com betume aplicado a quente

2.3.1.2 Produtos elaborados

Os produtos elaborados são aplicados sob a forma líquida ou pastosa e são classificados em emulsões betuminosas, pinturas betuminosas ou produtos betuminosos modificados (Ginga, 2008; Lopes, 2010).

As emulsões betuminosas são utilizadas nas coberturas como produto de impregnação de suportes porosos ou como camadas de sistemas de impermeabilização aplicados *in situ*. As pinturas betuminosas podem ser utilizadas como primário com o objetivo de tratar a superfície de aderência de sistemas de impermeabilização betuminosos mas também como produto de proteção desses sistemas quando aplicadas sobre a última camada. Os produtos betuminosos modificados são de base betuminosa, à qual são adicionadas pequenas quantidades de aditivos, em geral resinas, com o objetivo de melhorar ligeiramente as suas características (Lopes, 2010).

2.3.1.3 Produtos pré-fabricados

Os materiais tradicionais pré-fabricados apresentam-se sob a forma de telas ou feltros betuminosos e podem ser constituídos por uma ou mais armaduras, de feltro ou de tela, por misturas betuminosas que envolvem as armaduras e por materiais de acabamento superior e inferior (Lopes, 2010).

2.3.2 Sistema de impermeabilização com materiais não-tradicionais

Consideram-se materiais de impermeabilização não-tradicionais todos os produtos betuminosos modificados, com percentagem de elementos modificantes igual ou superior a 7%, e os não betuminosos utilizados na construção civil. Estes elementos modificantes têm como objetivo introduzir ou alterar algumas das características específicas dos produtos de impermeabilização, melhorando o seu desempenho em relação aos produtos tradicionais (Ginga, 2008).

Atualmente, as membranas de impermeabilização mais utilizadas nos sistemas de impermeabilização de coberturas planas são as de betumes-polímeros, as termoplásticas e as elastoméricas. As resinas poliméricas também têm alguma utilização nos dias de hoje, não só como sistema de impermeabilização mas também como reparação de sistemas (Ginga, 2008; Gonçalves et al., 2005). O Quadro 2.9 sintetiza a classificação dos materiais de impermeabilização não-tradicionais. De seguida, são abordados os materiais não-tradicionais mais utilizados como sistema de impermeabilização.

Quadro 2.9 - Classificação do sistema de impermeabilização com materiais não-tradicionais (adaptado de Ginga, 2008; Lopes, 2010; Paiva 2006/2007)

Materiais não-tradicionais			
Aplicação	Classe de materiais	Classificação	Tipo
<i>in situ</i>	forma líquida ou pastosa	emulsões e soluções	emulsões e soluções betuminosas de betume modificado por polímero polímeros dispersáveis em água
			betume modificado por polímero aplicado a quente
		resinas poliméricas	resinas resilientes não-saturadas de poliéster reforçadas com fibra de vidro poliéster flexível não-saturado poliuretano
		produtos cimentícios	mistura de resinas poliméricas e cimento
pré-fabricados	membranas	betumes - polímeros	betume-polímero APP betume-polímero SBS
		termoplástica	PVC incompatível com betume PVC compatível com betume CPE (polietileno clorado) FTO ou TPO (poliolefinas termoplásticas flexíveis)
		elastoméricas	borracha butílica (isopreno-isobutileno) EPDM (monómero de etileno-propileno-dieno) polietileno clorossulfonado PIB (poli-isobutileno)

2.3.2.1 Emulsões e soluções de betume modificado por polímero

As emulsões de betume modificado não desempenham a função de material de impermeabilização mas sim a de preparação da superfície (primário) para aplicação de membranas de impermeabilização (Seródio, 2007/2008).

Este tipo de misturas betuminosas contém uma quantidade substancial de betume disperso em meio aquoso com um ou mais agentes emulsionantes e um ou vários polímeros. A emulsão pode conter inertes, cargas e/ou fibras e a sua aplicação pode ser feita através de rolo, trincha, ou pulverização por meio de uma pistola adequada. Caso haja a necessidade de iniciar ou acelerar o processo de cura ou mesmo quebrar ou desestabilizar a emulsão, também poderão ser adicionados à mistura elementos catalisadores.

O tipo de elemento utilizado na modificação das misturas betuminosas varia de acordo com as propriedades do produto final e tem como principais objetivos melhorar as propriedades da mistura (Ginga, 2008).

2.3.2.2 Resinas poliméricas e produtos cimentícios

Estes produtos que são aplicados sob o estado líquido ou pastoso são constituídos por uma resina, que contém aditivos como fíleres, solventes e pigmentos. As resinas podem ser de natureza variada, sendo as mais utilizadas na década de oitenta as de polietileno clorossulfonado e de policloropreno. Estas resinas são aplicadas separadamente em duas camadas sucessivas por forma a criar o sistema de impermeabilização (Lopes, 2010).

A resina de policloropreno é aplicada em primeiro lugar para garantir a estanqueidade à água, ao passo que a resina de polietileno clorossulfonado é aplicada sobre a anterior. Esta última camada tem como objetivo principal resistir à ação do calor, à radiação solar (ultravioletas) e garantir a estabilidade da cor.

Atualmente, as resinas mais utilizadas para obtenção de um material impermeabilizante são as acrílicas e as de poliéster. Estes produtos, para além de poderem funcionar como sistema de reparação de coberturas, são ainda vocacionados para revestimentos de impermeabilização em coberturas novas de acessibilidade limitada ou acessíveis, não só à circulação de pessoas como em alguns casos à circulação de veículos (Lopes, 2010; Ginga 2008).

A espessura média deste tipo de sistema de impermeabilização anda na ordem de 2 a 4 mm e correspondem de um modo geral a três demãos com um consumo húmido de cerca de 1 a 1,5 kg/m².

Os produtos cimentícios, à semelhança das resinas poliméricas, são constituídos por uma mistura de resinas poliméricas ou acrílicas misturadas com cargas e aditivos e podem ser aplicados por meio de uma trincha ou talocha. A Figura 2.11 apresenta a aplicação de uma resina polimérica com recurso a trincha.

Um dos principais cuidados a ter na aplicação de resinas poliméricas e de produtos cimentícios é a necessidade de garantir a uniformidade da sua espessura sobre o suporte, de modo a obter uma película, após a secagem, com espessura idêntica em toda a superfície. É importante ter também em atenção o tempo de cura do revestimento, pelo que, em regiões de pluviosidade elevada ou de difícil previsão, pode não ser suficiente o tempo de cura.



Figura 2.11 - Aplicação de resina polimérica à trincha [w₂₄]

É de boa prática na aplicação do sistema a utilização de uma armadura. Esta é aplicada sobre a primeira camada do revestimento, enquanto a camada ainda está fluida de forma a ficar impregnada no sistema. O tipo de armadura mais usual é de feltros de poliéster não-tecidos, nos sistemas com base em resinas de poliéster ou de betume modificado. É também possível a utilização de armaduras tecidas de poliamida ou de poliéster e de fibra de vidro em sistemas com base em resinas de poliuretano ou em emulsões acrílicas (Lopes, 2010).

As resinas poliméricas têm como vantagem a facilidade de aplicação nomeadamente em pontos singulares da cobertura e, por outro lado, a simplicidade de reparações, as quais consistem em geral na simples deposição de um novo produto na zona afetada. O facto de ser possível utilizar uma cor clara nas membranas permite obter uma melhor reflexão solar em comparação com as membranas asfálticas. Este produto apresenta uma boa resistência química, não sendo afetado por chuvas acidas nem óleo ou petróleo e pode estar em contacto permanente com água do mar (Lopes, 2010; Seródio, 2007/2008).

2.3.2.3 Membranas de betumes-polímeros

As membranas de betumes-polímeros são constituídas por uma mistura betuminosa modificada, com betume obtido por destilação direta, polímeros, cargas minerais e aditivos diversos. As membranas são obtidas por recobrimento de uma ou duas armaduras, com uma mistura betuminosa modificada por incorporação de uma resina plastomérica, no caso das membranas APP, e de uma resina elastomérica, no caso das membranas SBS. Essas resinas são polímeros de polipropileno atático no caso das APP e de estireno-butadieno-estireno nas SBS. As armaduras constituintes podem ser em poliéster ou em fibra de vidro (Lopes, 2010).

Segundo António (2011) e Figueiredo (2012), as membranas SBS apresentam um melhor comportamento mecânico a baixas temperaturas em relação às membranas APP; já para temperaturas altas, o comportamento inverte-se, ou seja, as membranas APP são as que apresentam melhor desempenho.

As membranas APP e SBS, ilustradas na Figura 2.12, são comercializadas em forma de rolo sendo as dimensões mais usuais: 1 m de largura e 8 a 10 m de comprimento, podendo esta dimensão variar de acordo com o tipo de material. A espessura corrente das membranas é de 4,0 mm, com um intervalo de tolerância de 1 mm, e a massa por unidade de superfície é de 3,0 a 5,0 kg/m². Tanto no transporte como no armazenamento ou em obra, os rolos devem estar na posição vertical para evitar deformações na membrana (Sotecnisol, 2012). A Figura 2.13 ilustra um mau exemplo de armazenamento das membranas betuminosas.



Figura 2.12 - Membranas betuminosas [w25]



Figura 2.13 - Incorreto armazenamento das membranas

Geralmente, o sistema de impermeabilização com base em membranas betuminosas é composto por duas membranas, em que pelo menos uma delas é composta por armadura em feltro de poliéster. Também é válida a aplicação de camada única em coberturas de acesso pedonal limitado. Este tipo de sistema de impermeabilização pode ser aplicado em sistema aderente, semiaderente ou independente do suporte. Sistemas fixos mecanicamente não são comuns com este tipo de material (Lopes, 2010).

O processo mais usual de ligação das membranas de betumes-polímeros entre si ou ao suporte consiste na aplicação prévia de um primário na estrutura de suporte e posteriormente a soldadura por meio da chama com recurso a maçarico a propano ou a ar quente. As membranas betuminosas admitem valores de sobreposição das juntas longitudinais na ordem de 10 cm e nas juntas transversais cerca de 15 cm (Lopes, 2010; Sotecnisol, 2012).

As restrições que se colocam à aplicação deste material estão relacionadas fundamentalmente com a acessibilidade da cobertura, pois as cargas atuantes sobre o revestimento de impermeabilização têm reflexos na deformação dos suportes e no modo de ligação do sistema de impermeabilização, pois podem restringir o uso de determinados suportes isolantes, especialmente quando se trata de sistemas aderentes (Lopes, 2010).

Em relação a questões ambientais, as membranas betuminosas são consideradas resíduos industriais banais e não contêm alcatrão:

Código 170 302 – “Mistura Betuminosa não contendo *Alcatrão*”

Este código faz parte da Lista Europeia de Resíduos (LER) e classifica os materiais como Resíduos Industriais Banais (RIB) (Sotecnisol, 2012).

2.3.2.4 Membranas de PVC plastificado

As membranas sintéticas de policloreto de vinilo, mais conhecido por PVC, são das mais utilizadas das membranas termoplásticas. Estas são compostas por PVC-P monomérico, plastificantes, pigmentos e cargas. Os plastificantes são um dos principais componentes da mistura, pois a sua presença fornece à membrana flexibilidade suficiente para ser aplicada em coberturas; caso contrário, a membrana seria rígida e pouco dúctil (Lopes, 2010; Griffin, 1982).

Um dos fatores que contribui para o envelhecimento das membranas de PVC é a perda de plastificantes, os quais podem ser razoavelmente voláteis e removidos quer por ação de solventes quer por ação da água. O contacto com betumes e/ou óleos de origem mineral é também um dos fatores que contribui para o envelhecimento das membranas. O facto de os plastificantes serem monómeros provoca uma incompatibilidade química que resulta numa migração dos plastificantes conduzindo à rotura. Como solução para a perda de plastificantes, é recomendado adicionar à constituição das membranas de PVC polímeros de elevado peso molecular (Sotecnisol, 2012; António, 2011; Gonçalves et al. 2005).

A quantidade de plastificantes pode variar consoante o processo de fabrico das membranas. Caso as membranas sejam obtidas por calandragem (Figuras 2.14 e 2.15) ou laminação, podem conter entre 30 e 40% de plastificantes, ao passo que se forem obtidas por extrusão a quantidade de plastificantes anda próximo de 20%.

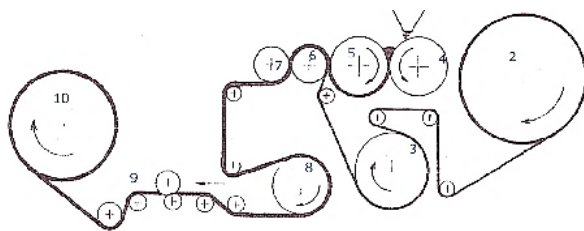


Figura 2.14 - Esquema do processo de fabrico por calandragem [w26]



Figura 2.15 - Equipamento de produção de membranas PVC por calandragem [w27]

Tal como as membranas betuminosas, as de PVC podem conter armaduras, sendo as mais correntes as armaduras em fibras de vidro ou em poliéster. As armaduras permitem minimizar as retrações devidas à perda de plastificantes e ajudam a estabilizar as variações dimensionais devido à ação da temperatura (Lopes, 2010; Sotecnisol, 2012; Gonçalves et al., 2005).

A flexibilidade e elasticidade desta membrana permitem-lhe adaptar-se facilmente a todas as formas geométricas de suporte e garantem uma maior durabilidade a anomalias associadas à dilatação. Este sistema permite tirar proveito de uma estrutura de suporte mais económica quando comparado com uma solução asfáltica pois tem um peso bastante inferior, cerca de 5 vezes. Além disso, este sistema tem uma elevada produtividade, uma vez que necessita de uma só camada e, devido às dimensões dos rolos comercializados serem superiores às das membranas betuminosas, o número de soldaduras é inferior. Também o facto de as soldas serem efetuadas por equipamentos de soldadura automática de ar quente, que funcionam a temperaturas próximas de 620 °C, faz com que a ligação seja mais rápida e eficiente (Serôdio, 2007/2008; w9).

A ligação das membranas pode ser por soldadura com ar quente (Figuras 2.16 e 2.17) ou por colagem utilizando solventes. No caso da ligação por soldadura com ar quente, o valor habitual para a sobreposição é de 40 mm; no entanto, existe membranas que admitem valores entre 20 e 30 mm. Se a ligação for efetuada por colagem com base em solventes orgânicos, a largura da faixa de colagem é de aproximadamente 30 mm (Sotecnisol, 2012; w₈).



Figura 2.16 - Soldadura de membranas PVC com equipamento mecânico [w₂₈]



Figura 2.17 - Soldadura de membrana PVC manual [w₂₉]

Embora a fixação mecânica seja mais vocacionada para ser utilizada em coberturas com suportes metálicos, este sistema também pode ser aplicado sobre outro tipo de suporte resistente. A fixação mecânica apenas deve ser utilizada em coberturas com acessibilidade limitada a trabalhos de manutenção ou de reparação, independentemente da pendente da cobertura e deve ligar, simultaneamente, todas as camadas subjacentes ao revestimento de impermeabilização.

Nos remates das membranas em PVC contra elementos emergentes e imergentes da cobertura, são utilizados produtos de colagem com base em solventes orgânicos, tais como as soluções de borracha de nitrilo em acetona ou colas com base em neoprene. Estes sistemas são em geral independentes do suporte [w₈].

As membranas são comercializadas em rolos cujas dimensões mais vulgares são: largura entre 1 e 2,10 m e comprimento de 15 a 20 m. As espessuras mais correntes das membranas são 1,2 e 1,5 mm e a massa volúmica entre 1,6 e 2,0 kg/m² (Lopes, 2010; Sotecnisol, 2012).

2.3.2.5 Membranas de EPDM

A membrana elastomérica de borracha de etileno-propileno-dieno (EPDM) é produzida por laminagem e calandragem de mistura do monómero de etileno-propileno-dieno com aditivos, tais como cargas, agentes vulcanizados e óleos. Em certas misturas, pode-se adicionar aditivos com o intuito de melhorar o comportamento da membrana à ação do fogo (retardadores de fogo). Estas podem ainda ser fabricadas com armaduras, sendo as mais vulgares em poliéster ou em poliamida. Para evitar a aderência da membrana durante o enrolamento, é comum a aplicação de mica ou talco (Lopes, 2010; Gonçalves et al., 2005).

Estes revestimentos de impermeabilização são em geral aplicados totalmente aderentes, independentes ou fixados mecanicamente, sendo vocacionados para coberturas de acessibilidade limitada. Durante os trabalhos de aplicação, é necessário manter a membrana em repouso durante um período de 30 minutos para que esta dissipe o estado de deformação ao qual foi submetida durante o processo de enrolamento em peças.

A membrana é comercializada em rolos, cujas dimensões podem variar entre 15 e 40 m de comprimento por 1,35 a 1,5 m de largura. Este produto tem uma espessura de 1,5 mm e uma massa volúmica entre 1,2 e 2,3 kg/m² (Lopes, 2010).

2.3.3 Materiais auxiliares ao sistema de impermeabilização

Os revestimentos de impermeabilização encontram-se sujeitos a vários esforços, que podem ser devidos à circulação de pessoas ou veículos, à queda de objetos, deformações do suporte, variação de temperatura e ação do vento. Para tal é incorporado na membrana uma ou mais armaduras com o objetivo de melhorar o comportamento mecânico (Raposo, 2009).

As armaduras podem ser classificadas quanto à orientação das fibras em feltros quando estas são obtidas por emaranhamento sem uma direção preferencial, como ilustra a Figura 2.18, ou telas no caso de as armaduras serem obtidas por entrelaçamento de fios de modo a criarem uma malha ortogonal, ilustrado na Figura 2.19.



Figura 2.18 - Feltro [w30]

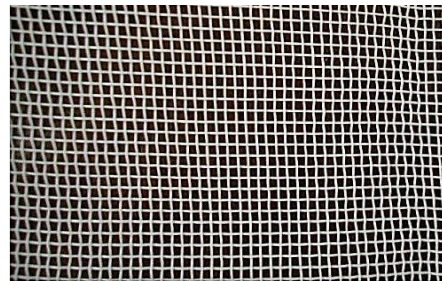


Figura 2.19 - Tela [w31]

Atualmente, as armaduras mais correntes são constituídas por fibra de vidro ou por polietileno. A fibra de vidro é um material que não deteriora, não absorve água e tem uma ótima estabilidade dimensional. A armadura em polietileno caracteriza-se por ser uma armadura com elevada resistência mecânica e uma ótima resistência às altas temperaturas (António, 2011).

O Quadro 2.10 sintetiza a classificação das armaduras auxiliares ao sistema de impermeabilização quanto à sua origem.

Quadro 2.10 - Classificação das armaduras de acordo com a sua origem (Lopes, 2010)

Classificação das armaduras	Tipo de material	
Orgânicas	Feltros	Cartão
	Telas	Juta
		Algodão
Inorgânicas	Feltros	Fibra de vidro
		Amianto
	Telas	Fibra de vidro
	Metálicas	Folhas de alumínio
Sintéticas	Feltros	Poliéster
	Telas	Poliéster, poliamida, etc.

2.3.4 Camada de isolamento térmico

A condutibilidade térmica é a principal característica que define o isolamento térmico. Esta representa a quantidade de calor que atravessa uma determinada espessura unitária de um material, quando entre duas faces planas e paralelas se estabelece uma diferença de temperatura unitária (Santos e Matias, 2006).

Em 2.2.2.4, fez-se referência ao posicionamento do isolamento térmico em relação à camada de impermeabilização. Este pormenor é importante para a escolha do tipo de isolamento térmico a utilizar uma vez que terá de ter propriedades diferentes caso este esteja em contacto com a água.

Dos isolamentos térmicos apresentados no Quadro 2.11, serão abordados aqueles que se destacam como os mais utilizados atualmente na construção, que são a lã de rocha, a perlite expandida e o poliestireno extrudido / moldado. A nível nacional, a utilização de aglomerado de cortiça expandida também tem alguma aplicação.

Quadro 2.11 - Classificação quanto à natureza do isolamento térmico (adaptado de Lopes, 2010; Seródio, 2007/2008)

Classificação	Tipo
Isolantes minerais	Fibras minerais (lã de rocha e vidro)
	Perlite expandida
	Vermiculite expandida
	Betões leves
	Espuma de vidro
Isolantes vegetais	Aglomerado de cortiça expandida
	Aglomerado de fibras de madeira
	Aglomerado de partículas de madeira
	Aglomerado de aparas de madeira
	Aglomerado de fibras de linho
Isolantes sintéticos	Poliestireno extrudido / moldado
	Espumas rígidas de poliuretano
	Espumas de polisocianurato
	Espumas fenólicas
Isolantes mistos	Perlite expandida + poliuretano
	Perlite expandida + lã de rocha

Segundo diversas homologações vigentes em países Europeus, em coberturas em terraço do tipo invertida, o isolamento térmico deve ter propriedades específicas como $[w_1]$:

- não absorver água de modo a garantir todas as suas características térmicas e mecânicas (ao abrigo da norma EN 12087);
- ter resistência aos ciclos de gelo-degelo (ao abrigo da norma EN 12091);
- ter resistência mecânica ao manuseamento de execução e às cargas a que o material está sujeito durante a sua aplicação;

- ter uma resistência à difusão de vapor de água muito elevada e uma absorção de água por difusão de vapor muito reduzida;
- ser imputrescível.

2.3.4.1 Fibras minerais

Dos isolantes minerais, a lã de rocha e a lã de vidro são os mais usuais para o isolamento térmico em coberturas. A matéria-prima utilizada para a produção de lã de rocha é a rocha vulcânica ao passo que, para a produção de lã de vidro, são utilizadas fibras de areia. Estes produtos são comercializados em mantas, como mostra a Figura 2.20, ou em placas, representadas na Figura 2.21, com espessuras na gama de 20 a 120 mm e com dimensões em planta entre 1,0 e 2,4 m de comprimento e 0,6 e 1,2 m de largura (Lopes, 2010).



Figura 2.20 - Manta lã de rocha [w₂₁]



Figura 2.21 - Aplicação de placas de lã de rocha [w₃₂]

As placas de lã de rocha podem constituir-se sem revestimento ou ser revestidas por uma membrana betuminosa protegida por um filme plástico termo-fusível.

Os isolantes minerais apresentam uma boa estabilidade dimensional para temperaturas inferiores a 750 °C, são produtos incombustíveis e apresentam uma elevada resistência aos agentes químicos e biológicos. Estes materiais, além de apresentarem uma elevada resistividade térmica, têm também um ótimo isolamento a sons aéreos e de percussão. O facto de este material ser deformável requer especial atenção quando aplicado com sistema de fixação mecânico, uma vez que os elementos de fixação poderão perfurar o sistema de impermeabilização (Lopes, 2010; w₉). O Quadro 2.12 apresenta algumas características técnicas sobre um isolante térmico mineral.

Quadro 2.12 - Características técnicas da lã de rocha [adaptado de w₉]

Características técnicas			
Espessura [mm]	60	80	100
Resistência térmica [m ² .K/W]	1,55	2,10	2,60
Massa volúmica [kg/m ³]	25 - 300		
Condutibilidade térmica [W/m.K]	0,038		
Reação ao fogo	Euroclasse A1		

2.3.4.2 Perlite expandida

Os isolantes à base de perlite expandida, apresentados nas Figuras 2.22 e 2.23, são compostos por cerca de 60 a 70% desse material, por fibras celulósicas e de vidro aglomeradas por um ligante betuminoso. Estes produtos podem ser aplicados sob a forma de placas rígidas sobre estruturas resistentes de betão, madeira e chapas metálicas nervuradas. As suas dimensões comerciais são idênticas às dos isolamentos minerais (Lopes, 2010).



Figura 2.22 - Perlite expandida [w₂₁]



Figura 2.23 - Placas de perlite expandida [w₃₃]

Este material apresenta uma satisfatória resistência à compressão. As variações com o calor são, no entanto, maiores do que as das placas e fibras minerais. (Lopes, 2010; w₉). O Quadro 2.13 apresenta as características técnicas da perlite expandida.

Quadro 2.13 - Características técnicas da perlite expandida [adaptado de w₉, w₁₈]

Características técnicas			
Espessura [mm]	60	80	100
Resistência térmica [m ² .K/W]	1,20	1,60	2,00
Massa volúmica [kg/m ³]	15 - 180		
Condutibilidade térmica [W/m.K]	0,041 - 0,050		
Reação ao fogo	Euroclasse A2		

2.3.4.3 Aglomerado de cortiça expandida

O aglomerado de cortiça expandida deriva de uma matéria-prima totalmente natural e renovável, a cortiça, cuja extração da árvore se enquadra no seu ciclo de vida. Este produto, além de ter propriedades de isolamento térmico, apresenta-se também como um isolante acústico [w₁₂]. O Quadro 2.14 apresenta algumas características do aglomerado de cortiça expandida.

Quadro 2.14 - Características técnicas do aglomerado de cortiça expandida [adaptado de w₁₂]

Características técnicas			
Espessura [mm]	40	60	80
Resistência térmica [m ² .K/W]	1,00	1,50	2,00
Massa volúmica [kg/m ³]	100 - 120		
Condutibilidade térmica [W/m.K]	0,037 - 0,040		
Reação ao fogo	Euroclasse E		

Este isolante apresenta uma elevada permeabilidade ao vapor de água, pelo que é necessária a aplicação de uma barreira ao vapor sob o aglomerado. Em ensaios efetuados para testar o seu comportamento na presença de água, este material apresenta valores elevados. Os valores médios de absorção por capilaridade registados ao fim de 24 horas são cerca de 3,5 a 7 vezes superiores aos valores correspondentes de placas de lã de rocha e de poliestireno expandido e, no caso de ensaios de absorção de água por imersão, são cerca de 4,5 a 17 vezes superiores (Lopes, 2010; LNEC, 1990).

2.3.4.4 Poliestireno expandido extrudido / moldado

O poliestireno expandido extrudido (XPS), ilustrado na Figura 2.24, e o poliestireno expandido moldado (EPS), apresentado na Figura 2.25, são produzidos através de resinas termoplásticas e são comercializados sob a forma de placas. Estes materiais podem ser utilizados em coberturas do tipo invertida uma vez que apresentam uma elevada resistência mecânica e biológica mas também uma elevada estabilidade dimensional, capilaridade nula, resistência à absorção de água e resistência à putrefação. Estas propriedades são importantes para este tipo de cobertura uma vez que o material estará em contacto permanente com a água. Dado que a sua aplicação neste tipo de coberturas é dada pela simples colocação sobre o revestimento de impermeabilização, torna-se necessário dispor posteriormente sobre essas placas de uma proteção pesada de forma não só a garantir o posicionamento das placas quando sujeitas a ação do vento mas também para sua proteção contra a ação da radiação solar.



Figura 2.24 - Poliestireno expandido extrudido



Figura 2.25 - Poliestireno expandido moldado [w₂₀]

O poliestireno poderá ser aplicado em coberturas do tipo tradicional embora isso implique que o sistema de impermeabilização seja preferencialmente aplicado em sistema independente, ou seja, evitando a aplicação a quente uma vez que o material tem um comportamento pouco satisfatório no que se refere à ação do calor, podendo mesmo fundir (Lopes, 2010; BBA, 2013).

O facto de estes materiais terem uma baixa massa volúmica e serem fáceis de cortar permite uma maior facilidade e rapidez de execução quando comparados com os isolantes minerais.

É recomendável evitar a utilização de placas com massas volúmicas baixas, pois o seu comportamento face a ações mecânicas é em geral menos satisfatório do que o das placas de maior massa volúmica. As dimensões faciais são na ordem de 1,2 m x 0,6 m, com espessuras na gama de

30 a 120 mm no caso do XPS e de 30 a 300 mm no caso do EPS. O Quadro 2.15 apresenta algumas características do poliestireno.

Quadro 2.15 - Características técnicas do poliestireno [adaptado de w_{11}]

Características técnicas	Poliestireno expandido extrudido			Poliestireno expandido moldado		
Espessura [mm]	30	40	60	30	140	240
Resistência térmica [m².K/W]	0,85	1,15	1,70	0,80	3,9	6,7
Massa volúmica [kg/m³]	30 - 55			15 - 25		
Condutibilidade térmica [W/m.K]	0,034 – 0,036			0,034 – 0,037		
Reação ao fogo	Euroclasse E					

2.3.4.5 Poliisocianurato

As placas de poliisocianurato (PIR) têm características dimensionais e mecânicas semelhantes às das placas de poliuretano e o seu campo de aplicação também é idêntico. A grande característica deste isolamento é a sua grande estabilidade dimensional a temperaturas elevadas e o excelente comportamento ao fogo. Estas propriedades permitem a aplicação tanto de membranas sintéticas como de membranas betuminosas aplicadas com chama de maçarico (Lopes, 2010; w_{14}). O Quadro 2.16 apresenta algumas características do poliisocianurato.

Quadro 2.16 - Características técnicas do poliisocianurato (adaptado de Lopes, 2010; w_9 ; w_{13})

Características técnicas			
Espessura [mm]	30	40	60
Resistência térmica [$m^2.K/W$]	1,30	1,70	2,60
Massa volúmica [kg/m^3]	30 - 38		
Condutibilidade térmica [$W/m.K$]	0,023		
Reação ao fogo	Euroclasse B		

3 Patologia em coberturas em terraço

3.1 Considerações gerais

Segundo vários autores, a patologia na construção consiste num erro ou defeito, com prejuízo de segurança, economia, ambiente, saúde e qualidade de vida dos utentes do edifício onde esta ocorra. As anomalias nas coberturas traduzem-se na sua maioria em humidade ou até mesmo em infiltrações de água. Estas manifestam-se quer nas camadas subjacentes ao sistema de impermeabilização, quer nos espaços do último piso, provocando em muitos dos casos prejuízos que serão maiores ou menores consoante os trabalhos de reparação e eventualmente da não utilização da área afetada (Brito, 2004; Lopes, 2011).

As anomalias nas coberturas em terraço podem ocorrer na superfície corrente, em pontos singulares, como em zonas periféricas e no sistema de drenagem. Segundo um estudo efetuado por Silva e Gonçalves (2001), a mais de 250 casos observados, é possível constatar que grande parte das anomalias registadas se encontra na zona corrente e na periferia da cobertura, como apresenta a Figura 3.1.

As causas podem ser diversas mas grande parte das anomalias que ocorrem nas coberturas em terraço pode ser reduzida ou até mesmo evitada se existir um maior rigor aos níveis da conceção e/ou projeto, da qualidade dos materiais aplicados, do modo de aplicação dos materiais em obra e do plano de manutenção (Lopes, 2011).

Ao contrário do Brasil, em Portugal não existe um projeto específico de impermeabilização. Isto significa que grande parte dos trabalhos de impermeabilização é efetuada de forma empírica, com base em remendos, onde a probabilidade de ocorrência de erros é considerável [w₄₃]. Esses erros são de conceção / projeto ou de aplicação (Silva, 2012). Também da análise dos resultados obtidos por Silva e Gonçalves (2001) (Figura 3.2), pode-se constatar que grande parte das anomalias registadas tem origem em erros de conceção / projeto e erros de aplicação.

Distribuição das anomalias na cobertura

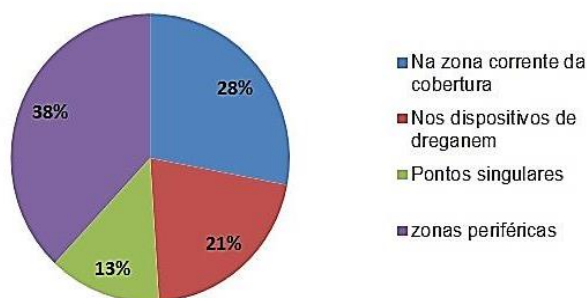


Figura 3.1 - Distribuição das anomalias na cobertura (adaptado de Silva e Gonçalves, 2001; António, 2011)

Distribuição das anomalias de acordo com a origem

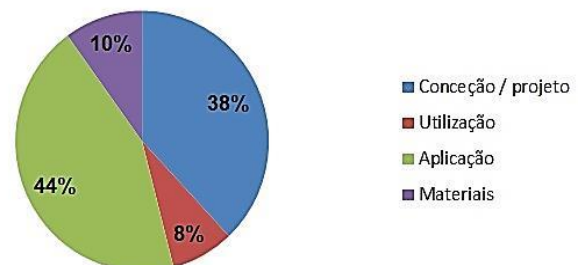


Figura 3.2 - Distribuição das anomalias na cobertura (adaptado de Silva e Gonçalves, 2001; António, 2011)

Neste capítulo, são abordadas as principais anomalias presentes nas coberturas em terraço, que podem ser consequência de uma ou mais causas. O diagnóstico não será abordado nesta dissertação, encontrando-se desenvolvida em Conceição (2015).

3.2 Classificação das anomalias em coberturas em terraço

Com o intuito de normalizar os relatórios e fichas de inspeção a utilizar em coberturas em terraço, e contribuindo para uma melhor compreensão, tornou-se necessário criar um sistema que permitisse a classificação das anomalias detetadas. São apresentadas no Quadro 3.1 as anomalias mais frequentes em coberturas em terraço, segundo Conceição (2015).

Quadro 3.1 - Classificação das anomalias em coberturas em terraço (Conceição, 2015)

Classificação das anomalias em coberturas em terraço	
Carácter geral	
A-G1	Desgaste superficial
A-G2	Fratura / rotura
A-G3	Descolamento / arrancamento
A-G4	Formação de pregas / empolamento
A-G5	Fissuração
A-G6	Perfuração
A-G7	Ausência / posicionamento inadequado de camada
A-G8	Acumulação de detritos
A-G9	Deficiências de inclinação / empoçamento
A-G10	Colonização biológica
A-G11	Corrosão
A-G12	Manchas de humidade de condensação / infiltração
Pontos singulares	
A-S1	Conceção inadequada de juntas de dilatação
A-S2	Conceção inadequada de tubos de queda
A-S3	Conceção inadequada de tubos ladrão
A-S4	Conceção inadequada de caleiras
A-S5	Conceção inadequada de juntas de sobreposição
A-S6	Fixações deficientes
A-S7	Capeamento deficiente
A-S8	Remates deficientes

3.2.1 Desgaste superficial

Esta anomalia caracteriza-se pelo desgaste, envelhecimento ou oxidação do revestimento de impermeabilização. O desgaste superficial pode ser principalmente devido a erros de projeto / conceção, caso os materiais escolhidos não sejam os mais apropriados ao envelhecimento natural dos materiais e à radiação solar. A Figura 3.3 apresenta o desgaste superficial da platibanda devido ao envelhecimento natural.



Figura 3.3 - Exemplo de desgaste superficial do revestimento de impermeabilização

3.2.2 Fratura / rotura

Esta anomalia caracteriza-se por uma rotura frágil do revestimento de impermeabilização. Devido a deformações que possam ocorrer entre a estrutura de suporte, instalam-se tensões de tração na membrana que, juntamente com a perda de resistência do revestimento por ação do calor ou envelhecimento natural, conduzem à fratura da membrana. A Figura 3.4 ilustra um exemplo de fratura do revestimento de impermeabilização.



Figura 3.4 - Exemplo de fratura do revestimento de impermeabilização

3.2.3 Descolamento / arrancamento

O descolamento / arrancamento caracteriza-se pela separação total ou apenas parcial da membrana de impermeabilização, podendo ocorrer na zona corrente ou em remates. O descolamento ocorre quando a ligação entre as juntas de sobreposição, ou entre revestimento e a superfície, é deficiente, como ilustra a Figura 3.5. O arrancamento dos elementos dá-se preferencialmente em zonas periféricas, onde a ação do vento se faz sentir com maior intensidade, originando em grande parte dos casos o rasgamento da membrana (Lopes, 2011).



Figura 3.5 - Exemplo de descolamento da membrana de impermeabilização

3.2.4 Formação de pregas / empolamento

A formação de pregas / empolamentos está associada à separação do revestimento de impermeabilização do seu suporte, através de sobrelevações que podem ocorrer tanto em zona corrente como em pontos singulares. A formação de pregas no revestimento tem como principal causa a ação do calor devido à radiação solar. Os empolamentos surgem principalmente de problemas no transporte e armazenamento dos materiais (como referido em 2.3.2.3), da falta de planeza do suporte ou da deficiente preparação / limpeza da superfície a aplicar o revestimento. O empolamento também poderá manifestar-se quando existe humidade nos elementos subjacentes ao revestimento de impermeabilização. Através de vários ciclos de humedificação e secagem, a humidade existente em vapor que forma os empolamentos na membrana, como ilustram as Figuras 3.6 e 3.7.



Figura 3.6 - Exemplo de empolamento da membrana de impermeabilização betuminosa



Figura 3.7 - Exemplo de empolamento da membrana de impermeabilização à base de uma resina polimérica

3.2.5 Fissuração

Esta anomalia caracteriza-se pelo aparecimento de fissuras na camada de impermeabilização, podendo ocorrer em zona corrente ou em pontos singulares. A Figura 3.8 exemplifica a fissuração da membrana de impermeabilização numa platibanda devido à sua exposição à radiação ultravioleta.



Figura 3.8 - Exemplo de fissuração em membrana betuminosa

Para o aparecimento desta anomalia, são várias as causas que podem contribuir, tais como fissuração causada por retração inicial do suporte, fissuração por variação de origem térmica do su-

porte, fissuração por deformação do suporte e fissuração por envelhecimento dos materiais de impermeabilização (Ginga, 2008).

Segundo Lopes (2011), a ausência de uma camada de dessolidarização entre a proteção pesada e o revestimento de impermeabilização pode conduzir à ocorrência de fissuração. O tipo de ligação do sistema de impermeabilização contribui de certa forma para a ocorrência de fissurações. De acordo com Walter (2002), a probabilidade é maior nos sistemas aderentes, uma vez que existe uma maior facilidade da transmissão de deformações ao revestimento de impermeabilização.

3.2.6 Perfuração

A perfuração está ligada à formação de orifícios no revestimento de impermeabilização causados por ações perfurantes que podem ocorrer tanto em zona corrente, como em pontos singulares e no sistema de drenagem. Esta anomalia pode resultar de ações ambientais (colonização biológica), erros de utilização (vandalismo) ou de ações de origem mecânica exterior (cargas pontuais de natureza dinâmica ou de natureza estática).

As cargas pontuais de natureza dinâmica ou estática distinguem-se principalmente pela sua origem no tempo: quando são de natureza dinâmica, ocorrem devido a uma ação de curta duração, resultado de queda de objetos diversos, especialmente de ação cortante; quando são de carácter estático, resultam de uma ação de longa duração e aparecem em muitos dos casos como consequência da colocação de suportes de instalações ou equipamentos sobre o revestimento (Lopes, 2011). As Figuras 3.9 e 3.10 ilustram exemplos de perfurações.



Figura 3.9 - Exemplo de perfuração



Figura 3.10 - Exemplo de perfuração

Nas coberturas do tipo tradicional, em que o sistema de impermeabilização se encontra sobre a camada de isolamento térmico, os materiais que constituem o isolamento são de compressibilidade elevada e fixos mecanicamente à estrutura resistente, também é corrente a ocorrência de perfuração do revestimento de impermeabilização.

3.2.7 Ausência / posicionamento inadequado de camada

A ausência / posicionamento inadequado de camada caracteriza-se pela falta ou colocação errada, de um ou mais elementos essenciais para o correto funcionamento da cobertura ou para melhorar as características dos materiais. Esta anomalia surge principalmente devido a erros de projeto / conceção ou a erros de execução e poderá originar outras anomalias, nomeadamente condensações

que surgem da ausência de isolamento térmico ou de barreira ao vapor. A ausência / posicionamento inadequado de camada também abrange, por exemplo, a ausência de armadura em sistema de impermeabilização com base em resinas poliméricas, ou a ausência de uma camada de dessodorização entre o revestimento de impermeabilização e o isolamento térmico. A Figura 3.11 apresenta uma cobertura invertida, constituída por uma impermeabilização de PVC com isolamento térmico, sendo possível verificar a ausência de uma camada de dessodorização.



Figura 3.11 - Exemplo de ausência de camada de dessolidarização

3.2.8 Acumulação de detritos

A acumulação de detritos traduz-se num depósito de resíduos extrínsecos à cobertura, que interferem com o seu correto funcionamento tanto em zona corrente como em pontos singulares, mas também provocam a obstrução de sistemas de drenagem. Alguns desses resíduos encontrados na maioria das coberturas correspondem a restos de materiais orgânicos ou inorgânicos, como plásticos, areias, animais mortos, etc. As Figuras 3.12 e 3.13 ilustram exemplos de coberturas com acumulações de detritos.



Figura 3.12 - Exemplo de acumulação de detritos



Figura 3.13 - Exemplo de acumulação de detritos

3.2.9 Deficiências de inclinação / empoçamento

A anomalia de deficiências de inclinação / empoçamento consiste em pendentes que não cumprem os valores mínimos ou máximos estabelecidos ou em situações em que a pendente não

conduz as águas pluviais de forma direta para os sistemas de recolha e extração de águas pluviais, originando assim empoçamentos na cobertura, como ilustra a Figura 3.14. Esta anomalia deve-se sobretudo à deficiente aplicação da camada de forma, mas também ao facto de algumas camadas que constituem a cobertura serem de compressibilidade elevada, como é o caso da camada de isolamento térmico, o que origina deformações acentuadas em zonas localizadas (Figura 3.15).



Figura 3.14 - Exemplo de empoçamento



Figura 3.15 - Exemplo de empoçamento

3.2.10 Colonização biológica

A colonização biológica consiste na acumulação de microrganismos e plantas de maior porte que se desenvolvem na presença de humidade. Esta anomalia, para além de impulsionar o desgaste do sistema de impermeabilização e de perturbar a drenagem das águas pluviais, toma especial importância pois o seu desenvolvimento pode originar outras anomalias de carácter mais gravoso, nomeadamente a perfuração do revestimento de impermeabilização.

A colonização biológica / vegetação parasitária pode ser prevenida recorrendo a membranas com aditivo anti-raízes e a uma manutenção planeada evitando o seu desenvolvimento. As Figuras 3.16 e 3.17 ilustram a presença de colonização biológica em zona corrente e em pontos singulares.



Figura 3.16 - Exemplo de colonização biológica em zona corrente



Figura 3.17 - Exemplo de vegetação parasitária em caleira

3.2.11 Corrosão

A corrosão ocorre principalmente por degradação dos materiais metálicos que se manifesta principalmente através de alteração de cor ou destacamentos. A Figura 3.18 apresenta um exemplo de corrosão de equipamentos instalados na cobertura.



Figura 3.18 - Exemplo de corrosão

3.2.12 Manchas de humidade de condensação / infiltração

As manchas de humidade de condensação / infiltração manifestam-se no paramento interior ou no exterior. A estas anomalias estão associados problemas de estanqueidade no revestimento de impermeabilização, a ausência ou deficiente colocação do isolamento térmico ou barreira ao vapor, ou problemas de ventilação no espaço interior. Nas Figuras 3.19 e 3.20, é possível observar uma mancha de infiltração.



Figura 3.19 - Exemplo de manchas de humidade devido a infiltrações



Figura 3.20 - Exemplo de manchas de humidade devido a infiltrações

3.2.13 Conceção inadequada de juntas de dilatação

Segundo Lopes (2011), as principais anomalias que ocorrem nas juntas de dilatação consistem: em descolamentos das juntas de sobreposição dos remates, na fissuração do revestimento; e no enrugamento desses remates. As causas destas anomalias estão principalmente relacionadas com defeitos na sua conceção. A Figura 3.21 apresenta um exemplo de conceção / execução inadequada da junta de dilatação, para além de ter sido executada com vários materiais diferentes, o revestimento de impermeabilização da junta apresenta-se côncavo o que proporciona a acumulação de água neste local, acelerando o processo de deterioração e a possibilidade de ocorrerem infiltrações.



Figura 3.21 - Exemplo de concepção / execução inadequada de junta de dilatação

3.2.14 Concepção inadequada de tubos de queda

As principais causas relacionadas com a concepção inadequada de tubos de queda prendem-se com a ausência de tubos de queda ou ralos nas embocaduras, a deficiente concepção de tubos de queda e defeitos de ligação da impermeabilização em superfície corrente com o dispositivo de escoamento. A Figura 3.22 apresenta um exemplo de tubo de queda com ausência de ralo.



Figura 3.22 - Exemplo de ausência de ralo pinha

3.2.15 Concepção inadequada de tubos ladrão

Esta anomalia caracteriza-se pela ausência ou concepção inadequada de tubos ladrão. Em caso de obstrução dos tubos de queda, este equipamento tem como função auxiliar no escoamento das águas pluviais evitando que haja um acréscimo significativo de carga na estrutura, o que pode comprometer a estrutura resistente da cobertura. A Figura 3.23 ilustra uma inadequada concepção do tubo ladrão pois este encontra-se à mesma cota que a caleira.



Figura 3.23 - Exemplo de deficiente concepção do tubo ladrão

3.2.16 Conceção inadequada de caleiras

Nestes elementos singulares, podem ser apontadas anomalias relacionadas com a ausência de caleiras, a execução deficiente de caleiras (como pendente, juntas de sobreposição das membranas), a fissuração / descolamento das membranas no caso de a caleira ser executada com revestimento de impermeabilização, e a corrosão da caleira no caso de ser metálica (Lopes, 2011).

A Figura 3.24 ilustra uma caleira com pendente deficiente e consequentemente acumulação de água, ao passo que a Figura 3.25 apresenta uma caleira com fissuração do revestimento de impermeabilização.



Figura 3.24 - Exemplo de execução deficiente de caleiras



Figura 3.25 - Exemplo de fissuração do revestimento de impermeabilização em caleira

3.2.17 Conceção inadequada de juntas de sobreposição

Esta anomalia abrange todas as deficiências que estejam relacionadas com a conceção / execução de juntas de sobreposição. Os erros de execução, nomeadamente a falta de qualidade de mão-de-obra, estão na origem desta anomalia. Neste tipo de anomalias, predominam as margens insuficientes de sobreposição ou a incorreta ligação das membranas. A Figura 3.26 apresenta uma membrana auto-protégida em que a parte da membrana destinada à soldadura não foi utilizada para esse fim, ficando assim essa parte exposta à radiação ultravioleta.



Figura 3.26 - Exemplo de conceção / execução inadequada de juntas de sobreposição

3.2.18 Fixações deficientes

Esta anomalia caracteriza-se pela deficiente conceção / execução das fixações ou pela ausência ou deterioração destas. Estas anomalias podem ocorrer em zona corrente, onde são utilizadas fixações para elementos subjacentes ao sistema de impermeabilização ou em pontos singulares. A Figura 3.27 ilustra a degradação dos elementos envolventes à fixação do capeamento.

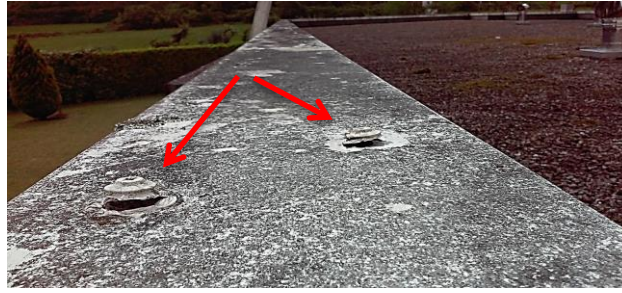


Figura 3.27 - Exemplo de fixação deficiente em capeamento

3.2.19 Capeamento deficiente

O capeamento é essencial uma vez que protege o revestimento de impermeabilização da ação da radiação ou do vento evitando o seu arrancamento / descolamento. Esta anomalia caracteriza-se pela ausência de capeamento ou a sua incorreta concepção / execução. As Figuras 3.28 e 3.29 apresentam exemplos de platibandas sem capeamento.



Figura 3.28 - Exemplo de ausência de capeamento



Figura 3.29 - Exemplo de ausência de capeamento

3.2.20 Remates deficientes

As principais anomalias que são apontadas nos remates deficientes prendem-se sobretudo com o descolamento de remates, a insuficiente altura dos remates, a fluência e o deslizamento de remates e a fissuração de remates (Ginga, 2008). As Figuras 3.30 e 3.31 apresentam exemplos de remates deficientes.



Figura 3.30 - Exemplo de remate deficiente em soleira



Figura 3.31 - Exemplo de remate com altura insuficiente

3.3 Considerações finais

Este capítulo teve como objetivo identificar e analisar sumariamente as diversas anomalias que ocorrem nas coberturas em terraço, bem como as causas que proporcionam o seu aparecimento. Este levantamento é de extrema importância, não só para a seleção da melhor técnica de reparação a aplicar de forma a restabelecer as propriedades iniciais da cobertura, mas sobretudo para reduzir a frequência com que estas ocorrem ou o custo de intervenção, utilizando técnicas mais adequadas, e materiais mais apropriados consoante a cobertura.

Das anomalias identificadas por Conceição (2015), pode-se constatar que estas podem ocorrer na zona corrente, em pontos singulares e nos sistemas de drenagem. As causas das anomalias podem ter origem a vários níveis, nomeadamente erros de projeto / conceção, erros de execução, ações ambientais, erros de utilização ou ações de origem mecânica exterior.

As intervenções de reparação da cobertura podem ser onerosas para o dono de obra, podendo o custo de reparação tomar valores próximos dos de uma cobertura nova ou até mesmo superiores, o que leva a realçar a importância de um projeto de cobertura, mão-de-obra qualificada e uma manutenção assídua, para reduzir os custos destas intervenções.

4 Reabilitação de coberturas em terraço

4.1 Considerações iniciais

Segundo dados divulgados pelo INE (Figura 4.1) pode-se verificar uma redução do número de obras de construção em Portugal entre 2008 e 2013. Embora o número de obras tenha reduzido a percentagem de obras de reabilitação aumentou (Quadro 4.1), ou seja, atualmente a construção nova demonstra uma trajetória descendente, ao contrário das obras de reabilitação que representam uma considerável importância do total de obras concluídas nos últimos anos.

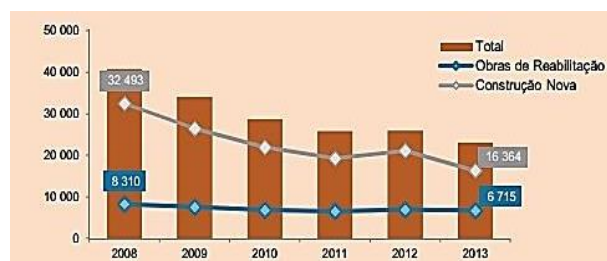


Figura 4.1 - Evolução das obras de reabilitação e construção nova (INE, 2013)

Quadro 4.1 - Evolução das obras concluídas entre 2008 e 2013 (adaptado de INE, 2013)

	2008		2013	
Construção nova	32493	80 %	16364	71 %
Obras de reabilitação	8310	20 %	6715	29 %
Total	40803	-	23079	-

O processo de reparação das anomalias atrás referidas poderá ser feito de forma integral ou parcial na cobertura. A reparação integral consiste em remover todos os elementos afetados, inclusive os elementos subjacentes a estes. Como exemplo, tem-se a reparação do sistema de impermeabilização numa cobertura tradicional, em que é necessário remover a camada de proteção caso exista e poderá ser necessário remover o isolamento térmico caso este esteja degradado ou esteja ligado ao sistema de impermeabilização. No entanto, nos casos em que a anomalia no sistema de impermeabilização for localizada, a respetiva reparação pode incidir apenas sobre a zona afetada. Nestes casos, a solução de intervenção e a técnica de reparação a adotar são geralmente idênticas às que se utilizariam caso a reparação fosse generalizada.

Outra solução de intervenção para garantir a estanqueidade de uma cobertura em terraço é a aplicação de um novo sistema construtivo sem remoção das camadas existentes. A escolha de uma destas alternativas, segundo Paiva (2006) e Figueiredo (2012), depende de diversos fatores, com destaque para os seguintes:

- idade do sistema de impermeabilização preexistente;
- estado de conservação desse sistema e das restantes camadas da cobertura;
- compatibilidade dos materiais em contacto;
- acessibilidade da cobertura.

Com vista à reparação das anomalias relacionadas com a humidade, devem ser realizados trabalhos preliminares de modo a caracterizar o estado de conservação do sistema de impermeabilização e a determinar os pontos onde ocorrem as infiltrações. Essa verificação pode ser efetuada mediante a execução de ensaios de estanqueidade (Figura 4.2), recorrendo a métodos de deteção de humidade ou efetuando inspeções termográficas (Figura 4.3).



Figura 4.2 - Ensaio de estanqueidade [w₃₄]

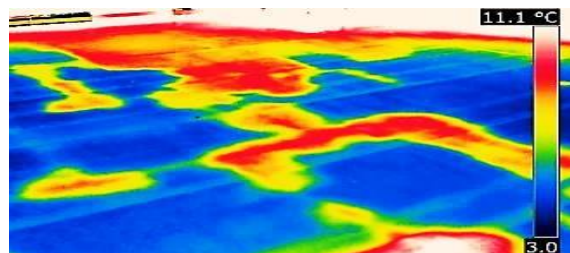


Figura 4.3 - Inspeção termográfica com infravermelhos [w₃₅]

As primeiras zonas a ensaiar devem ser os locais que habitualmente apresentam mais problemas. Preferencialmente, seleciona-se locais como as embocaduras dos tubos de queda e remates em elementos emergentes da cobertura, realizando-se os ensaios seguintes em zonas progressivamente mais afetadas. Sugere-se que seja realizado este ensaio em toda a superfície da cobertura, mesmo que, numa fase intermédia, se tenha verificado infiltrações de água ou manifestações de humidade no interior.

Após se ter identificado as zonas da cobertura onde as infiltrações têm origem, deve-se proceder a uma inspeção cuidadosa dessas áreas para determinar visualmente o local exato da anomalia no sistema de impermeabilização e ser feita a reparação pontual. Se a determinação do local não for possível, a reparação deve ser efetuada na área limitada do ensaio.

Para a realização destes ensaios, deve-se adotar o seguinte procedimento:

- remoção das camadas sobrejacentes ao revestimento de impermeabilização;
- criação de uma lâmina de água de 5 cm e pelo menos durante 48 horas;
- monitorização durante o período de ensaio, pelo interior do edifício, especialmente nas zonas onde se têm verificado infiltrações, de ocorrência como repasses de água ou humedecimento dos paramentos do teto;
- repetição do ensaio noutras zonas, contíguas à primeira e com dimensões semelhantes a esta, em especial caso não se tenha detetado infiltrações no ensaio anterior.

Todas as coberturas apresentam uma zona corrente de aplicação da impermeabilização e alguns pontos singulares nos quais se incluem, por exemplo, os elementos emergentes (muretes, platibandas, chaminés, tubos e suportes de equipamentos), as juntas de dilatação, os dispositivos de drenagem e remates de soleiras.

Para garantir a perfeita estanqueidade de um ponto singular, é necessário ter alguns cuidados na execução da impermeabilização, tais como (Alves, 2013):

- iniciar a impermeabilização pelos pontos singulares, prosseguindo posteriormente pela zona corrente, iniciando-se aí a partir das zonas de menor cota;
- todos os remates devem ser completamente aderentes, independentemente do tipo de ligação utilizado no revestimento de impermeabilização da zona corrente; os remates devem ainda ser reforçados, garantindo assim uma maior resistência ao arrancamento, deslizamento ou fissuração.

Os pontos singulares em coberturas, por serem de difícil execução (ao nível da impermeabilização) e serem locais onde se regista uma maior incidência de anomalias, terão especial relevo neste capítulo (Figura 4.4).

Quanto ao universo abrangido por este sistema de classificação, é necessário esclarecer que não abrange qualquer anomalia existente na estrutura resistente e inferior a esta, anomalias na camada de proteção, nas coberturas ajardinadas, nos sistemas tipo *deck* ou em coberturas com inclinação zero.

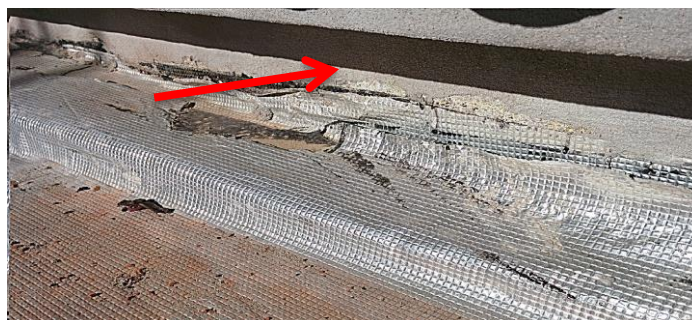


Figura 4.4 - Exemplo de má execução de um remate

4.2 Classificação das técnicas de reabilitação

A preservação das propriedades dos elementos que constituem a cobertura depende da manutenção que é efetuada ao longo da sua vida útil, quer seja preventiva quer curativa. A falta de manutenção torna os elementos mais vulneráveis contribuindo para uma aceleração da sua deterioração, impedindo o seu correto desempenho (Flores, 2008/2009).

Assim, com o objetivo de restabelecer a garantia de satisfação de todas as exigências funcionais de uma cobertura em terraço, apresenta-se neste capítulo a listagem das técnicas de reabilitação para coberturas em terraço que compõem o sistema classificativo proposto no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 - Classificação das técnicas de reabilitação

Técnica de reabilitação	Carácter geral
R.1	Limpeza do revestimento exterior da cobertura em terraço
R.2	Aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização
R.3	Aplicação / reparação / substituição do isolamento térmico
R.4	Aplicação / reparação / substituição da camada de dessolidarização
R.5	Aplicação / reparação / substituição de barreira ao vapor
R.6	Aplicação / substituição da camada de forma
R.7	Criação de caminhos de circulação
Pontos singulares	
R.8	Aplicação / reparação / substituição de juntas de dilatação
R.9	Reparação de remates e elementos de proteção associados
R.10	Aplicação / reparação / substituição de sistemas de drenagem
R.11	Aplicação / reparação / substituição de fixações em elementos

As técnicas de reabilitação apresentadas no Quadro 4.2 podem ser classificadas em técnicas de reparação curativas (RC), técnicas de reparação preventivas (RP) e/ou trabalhos de manutenção (M) (Silvestre, 2005). A definição da tipologia de cada técnica de reparação é apresentada no Quadro 4.3.

As técnicas de reparação curativas têm como objetivo a reparação, eliminação ou ocultação de determinada anomalia, sem implicar a eliminação da causa. Estes trabalhos de reabilitação incluem a alteração das suas características físicas e geométricas, melhorias no desempenho do material que constitui o elemento, ou a sua substituição parcial ou total (Lopes, 2009).

Quadro 4.3 - Tipificação das técnicas de reabilitação

Reparação curativa (RC)	R.1; R.2; R.3; R.4; R.5; R.6; R.8; R.9; R.10; R.11
Reparação preventiva (RP)	R.2; R.3; R.4; R.5; R.7; R.8; R.9; R.10; R.11
Manutenção (M)	R.1

As técnicas de reparação preventivas visam não só a reposição das características operativas dos elementos que constituem a cobertura, mas também eliminar a causa de determinada anomalia (Silvestre, 2005). A reabilitação com recurso a este grupo de técnicas previne a manifestação da anomalia eliminada a curto prazo, atuando sobre o agente causador.

Os trabalhos de manutenção consistem num conjunto de intervenções que se destinam à prevenção e ligeira correção de desvios no correto desempenho dos elementos que constituem a cobertura em terraço, com o objetivo de este atingir a vida útil prevista para o elemento, cumprindo as exigências funcionais (Flores et al., 2003). A manutenção tem em conta os aspetos técnicos em termos de tipos de técnicas, periodicidade, critérios de intervenção, aspetos económicos por forma a minimizar os custos de intervenção, e aspetos funcionais com o objetivo de garantir o adequado desempenho na fase de utilização (Flores, 2002; António, 2011).

Segundo o ETAG 006 (EOTA, 2012), a manutenção da cobertura deve incluir:

- inspeção da cobertura em intervalos regulares, por exemplo duas vezes por ano; essa inspeção deve incluir:
 - limpeza de tubos de queda e filtros de folhas;
 - remoção de pedras, galhos, folhas, entre outros;
 - inspeção de remates ao longo do bordo da cobertura e pontos singulares;
 - remoção de colonização biológica / vegetação parasitária (plantas de maior porte);
- inspeção das juntas elásticas todos os anos e na sua substituição se necessário;
- inspeção anual de rufos para drenos;
- abrasão e danos menores devem ser reparados.

Relativamente às técnicas de reabilitação, é imprescindível apresentar os seguintes esclarecimentos:

- na execução dos trabalhos de reabilitação, é necessário verificar se existe água ou humidade nos elementos da cobertura, quer devido a infiltrações quer a condensações, pois só devem ser efetuados após a secagem dos elementos afetados;
- numa cobertura tradicional, com problemas de condensações ou infiltrações, em que o seu isolamento térmico é lã de rocha, os trabalhos de reabilitação terão de ser não só da camada de impermeabilização, mas também do isolamento térmico, uma vez que, em contacto com a água, a lã de rocha altera o seu desempenho térmico;

- quando os trabalhos de reabilitação envolvam o aumento da espessura, do isolamento térmico ou da camada de forma para corrigir a pendente da cobertura, deve-se ter em atenção os pontos singulares da cobertura, como soleiras das portas, platibandas de pequena altura; a reabilitação destes pontos implica disposições construtivas complementares e adequadas;
- de forma a evitar problemas de incompatibilidade de materiais entre os elementos, do sistema de impermeabilização e isolamento térmico, a reabilitação das anomalias é sempre executada com o mesmo tipo de sistema existente;
- nos trabalhos de reabilitação em que as coberturas são constituídas por camada de proteção pesada, como lajetas sobre apoios pontuais, godo ou brita, e caso estes não se encontrem degradados, é oportuno serem removidos com cuidado para posteriormente à reabilitação dos elementos subjacentes serem novamente recolocados;
- na remoção de sistemas aderentes ou semiaderentes, poderá ser necessária a remoção da camada subjacente e a sua regularização. Nos sistemas independentes, em que não é garantida a sua total independência, será necessária a sua intervenção. Isto acontece nos sistemas formados por membranas betuminosas, especialmente nas zonas das juntas de sobreposição (Sousa, 2009).

4.2.1 Limpeza do revestimento exterior da cobertura em terraço

A limpeza do revestimento exterior consiste numa técnica de reabilitação aplicada na face superior da cobertura, sendo, simultaneamente, uma atividade de manutenção e uma técnica de reparação curativa.

Segundo Lopes (2009), a manutenção periódica das superfícies consiste na limpeza de sujidade ou detritos acumulados e na eliminação da colonização biológica. Estes agentes deterioram a funcionalidade dos elementos que constituem a cobertura e originam outras anomalias. Esta técnica de reabilitação utiliza métodos físico-químicos, selecionados de acordo com a substância a eliminar. Na utilização de produtos químicos para a eliminação da colonização biológica, é necessário verificar se estes não afetam a estabilidade química do revestimento de impermeabilização ou do isolamento térmico.

Esta técnica de reabilitação é aplicada a toda a cobertura e sistemas de drenagem, como cauleiras e tubos de queda, e a sua execução pode ser por escovagem, por motores de sopro ou com recurso a jato de água (Figuras 4.5, 4.6 e 4.7).



Figura 4.5 - Limpeza com soprador [w₃₆]



Figura 4.6 - Limpeza com vassoura [w₃₇]



Figura 4.7 - Limpeza a jato de água [w₃₈]

Quando se efetua a limpeza das coberturas com jato de água, recomenda-se uma prévia desobstrução das caleiras e tubos de queda que possam estar entupidos, através de operações de limpeza, recorrendo a métodos mecânicos combinados, quando necessário, com adição de produtos emolientes ou desintegradores do agente retentor.

4.2.2 Aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização

A aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização faz parte das técnicas de reabilitação, constituindo-se como técnica de reparação curativa e preventiva. As anomalias que podem ocorrer no sistema de impermeabilização encontram-se sintetizadas no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 - Anomalia no sistema de impermeabilização (Conceição, 2015)

Anomalia no sistema de impermeabilização	
Desgaste superficial	Fratura / rotura
Descolamento / arrancamento	Formação de pregas / empolamentos
Fissuração	Perfuração
Descolamento	Condensações / infiltrações

Para análise das anomalias indicadas no Quadro 4.4, tendo em conta a sua reabilitação, é conveniente saber quais as causas que conduziram à sua ocorrência, bem como verificar se são anomalias pontuais ou se, pelo contrário, se verificam por todo o sistema de impermeabilização. Por exemplo, se a fissuração do sistema de impermeabilização for devida ao suporte de revestimento, este terá um tratamento diferente de quando a origem da anomalia for as ações térmicas a que a impermeabilização esteve sujeita.

No caso de a anomalia se encontrar dispersa por toda a cobertura, a proposta de reabilitação é a substituição de toda a impermeabilização por uma nova ou a aplicação de uma nova camada de impermeabilização sobre a existente. Para a adoção desta última solução, é necessário que os materiais sejam compatíveis, de preferência com o mesmo tipo de betume ou de produto sintético, e a utilização de um elemento de dessolidarização para evitar o contacto direto entre os dois elementos. Se a anomalia se encontrar localizada apenas numa determinada parte da cobertura, recorre-se simplesmente a uma reabilitação localizada da anomalia.

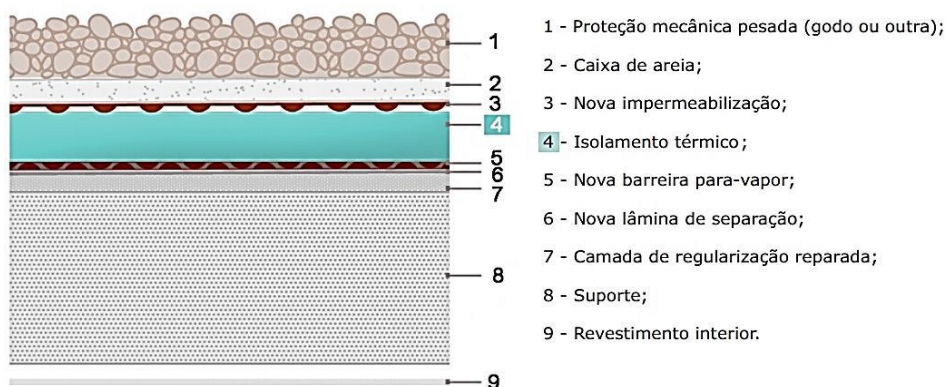
Perante as anomalias apresentadas, a proposta de reabilitação passa por substituir todo o sistema de impermeabilização da cobertura e introduzir ou reforçar o isolamento térmico. Desta forma, garante-se a estanqueidade da cobertura e uma melhoria do desempenho térmico, reduzindo a probabilidade de ocorrência de condensações.

No Anexo 4, apresenta-se três propostas de reabilitação do sistema de impermeabilização de uma cobertura em terraço, podendo ser aplicado um:

- sistema de impermeabilização com membranas betuminosas, em sistema bicapa (Figura 4.8);
- sistema de impermeabilização com membranas sintéticas de PVC (Figura 4.9);
- sistema de impermeabilização com produtos à base de poliuretano (membrana líquida).

Figura 4.8 - Aplicação de membranas de betume [w₃₉]Figura 4.9 - Aplicação membranas de PVC [w₄₀]

Nos sistemas constituídos com membranas de betume-polímero, propõe-se a aplicação de duas membranas com pelo menos 3,0 mm de espessura nominal cada, e em que uma delas disponha de uma armadura de poliéster com uma massa mínima de 150 g/m². Essas membranas devem ser coladas entre si por ação da chama de maçarico e podem ou não ser coladas ao suporte, utilizando a mesma técnica, consoante se trata de um sistema aderente, semiaderente ou independente. As membranas betuminosas admitem valores de sobreposição das juntas longitudinais na ordem de 10 cm e nas juntas transversais cerca de 15 cm (Lopes, 2010; Sotecnisol, 2012). Na Figura 4.10, apresenta-se a solução proposta no caso de uma cobertura tradicional.

Figura 4.10 - Solução de correção da impermeabilização e do isolamento térmico de uma cobertura tradicional [adaptado de w₁₆]

No segundo caso, correspondente à utilização de membranas poliméricas de PVC, recomenda-se a utilização de uma membrana armada com pelo menos 1,2 mm de espessura nominal. A ligação das membranas pode ser por soldadura com ar quente ou por colagem utilizando solventes. No caso da ligação por soldadura com ar quente, o valor habitual para a sobreposição é de 40 mm. No entanto, existem membranas que admitem valores entre 20 e 30 mm. Se a ligação for efetuada por colagem com base em solventes orgânicos, a largura da faixa de colagem é de aproximadamente 30 mm (Lopes, 2010; Sotecnisol, 2012; w₈).

A reabilitação com recurso a membranas líquidas é uma hipótese cada vez mais usual. Estas membranas com base em poliuretano são aplicadas a frio com pelo menos duas demãos, com uma

espessura média de 2 mm por demão, com um rendimento médio de 4 kg/m^2 dependendo do sistema aplicativo e da rugosidade do suporte. Na aplicação deste sistema, recomenda-se a aplicação de uma armadura, impregnada entre o revestimento de impermeabilização, de forma a melhorar o comportamento da membrana às tensões impostas.

Em alternativa à aplicação de um sistema de impermeabilização não-tradicional, embora não seja muito comum atualmente, pode ser aplicada uma solução tradicional de camadas múltiplas de telas, feltros ou telas de betume oxidado.

Neste caso, do ponto de vista da quantidade de materiais betuminosos, os sistemas de impermeabilização, quer sejam independentes quer sejam aderentes ao suporte, devem apresentar a seguinte constituição mínima em superfície corrente:

- a massa total dos produtos betuminosos (incluindo a massa de telas ou feltros betuminosos) deve ser no mínimo de 10 kg/m^2 ;
- o número de telas ou feltros betuminosos a aplicar deve ser igual ou superior a três.

No caso de um sistema aderente ao suporte, a primeira tela ou feltro betuminoso deve ser colado ao referido suporte com betume insuflado a quente ou por soldadura, consoante a sua constituição.

No caso de um sistema independente, a dessolidarização da impermeabilização relativamente ao suporte pode ser efetuada mediante a aplicação das seguintes camadas: papel *Kraft*, folha de silicone ou mantas de geotêxtil (Raposo, 2009).

Em ambos os sistemas (aderente e não-aderente), a largura de sobreposição das telas ou dos feltros betuminosos não deve ser inferior a 10 cm e os remates com os elementos emergentes ou reentrantes da cobertura devem ser aderentes.

Caso se utilize proteções pesadas rígidas sobre esse sistema (como, por exemplo, betonilhas ou ladrilhos cerâmicos ou hidráulicos sobre betonilhas), deve-se interpor uma camada de dessolidarização.

Qualquer que seja o sistema de impermeabilização utilizado, deve-se seguir as recomendações consideradas nas fichas técnicas dos produtos, bem como as especificações das técnicas aplicadas.

Após a conclusão dos trabalhos de impermeabilização da zona corrente, e antes da aplicação da proteção pesada sobre a camada de dessolidarização já referida, deve ser efetuado um ensaio de estanqueidade à água para detetar eventuais zonas deficientemente executadas. Os tubos de queda devem ser devidamente tamponados e posteriormente inunda-se a cobertura de forma a ficar completamente submersa. Este teste deve ser feito durante um período de pelo menos 48 horas, a fim de verificar a existência de alguma deficiência (Figueiredo, 2012).

De um modo geral, quando o sistema de impermeabilização e/ou o isolamento térmico se encontram degradados o procedimento consiste na remoção de todos os elementos da cobertura até à camada de forma caso exista, senão até à estrutura resistente. Após estes trabalhos, e se necessário, faz-se uma regularização da pendente. De seguida, aplica-se uma barreira ao vapor, o isolamento térmico e um novo sistema de impermeabilização. Por fim, e só no caso de existir camada de proteção antes da intervenção, procede-se à recolocação da mesma camada de proteção, ou de uma nova camada com as mesmas características, no caso de não ser possível a sua reutilização. Se forem utilizadas proteções pesadas, é necessário utilizar um geotêxtil como separador do sistema de impermeabili-

zação, como mostra a Figura 4.10. No caso da utilização de lajetas de sombreamento, dever-se-á garantir juntas de dilatação de modo a permitir a dilatação e facilitar a drenagem das águas pluviais, bem como permitir a ventilação sob estas. Se não for utilizado camada de proteção sobre o sistema de impermeabilização, será necessário fixar mecanicamente os elementos subjacentes ao sistema de impermeabilização, para garantir que estes não são arrancados pela ação do vento.

4.2.3 Aplicação / reparação / substituição do isolamento térmico

A aplicação / reparação / substituição do isolamento térmico faz parte das técnicas de reabilitação, constituindo-se como técnica de reparação curativa e preventiva. A reabilitação da cobertura com isolamento térmico é recomendada quando ocorrem condensações na face inferior da laje, quando o sistema de impermeabilização se encontra bastante exposto às variações térmicas, diminuindo o seu tempo de vida útil, e quando este se encontra degradado ou ausente da cobertura.

Para o reforço do isolamento térmico, existem três opções, dependentes da localização desse isolamento em relação aos restantes elementos:

- isolamento térmico superior;
- isolamento térmico intermédio;
- isolamento térmico inferior.

Do conjunto de opções possíveis, a mais recomendável é aquela em que o isolamento térmico é disposto em posição superior, acima da camada de forma. Esta opção previne a possibilidade de ocorrerem condensações na face inferior da laje, o que não é garantido no caso de aplicação do isolamento térmico na face inferior, e protege o sistema de impermeabilização das variações térmicas. Outra razão pela qual se deve colocar o isolamento térmico sobre o sistema de impermeabilização é o facto de ter uma maior inércia térmica, face à colocação do isolamento térmico na face inferior da laje. O material proposto a aplicar é o XPS, devido às suas características mecânicas, resistência à absorção de água e capilaridade praticamente nula (Silva, 2013; Paiva, 2006; w_{11}).

As soluções em que o isolamento térmico se localiza em posição intermédia, entre a estrutura resistente e a camada de forma, embora possíveis, exigem o prévio levantamento da camada de forma existente e requerem especiais cuidados de conceção e execução para evitar que ocorram fenómenos de choque térmico nas camadas sobrejacentes ao isolante térmico, fendilhação e degradação dos respetivos materiais.

No caso de ocorrência de condensações internas, a proposta de reabilitação consiste na aplicação de isolamento térmico XPS na cobertura sob o sistema de impermeabilização com o objetivo de proteger o elemento estrutural, reduzindo o risco de condensações internas e melhorando o desempenho térmico do edifício (Silva, 2013).

Após analisar o estado de degradação do sistema de impermeabilização, se este não se encontrar degradado, pode ser mantido, funcionando como barreira ao vapor num sistema de cobertura invertida.

Apresentam-se, nas Figuras 4.11 e 4.12, os pormenores da solução de reabilitação para o caso da cobertura plana tradicional, em que uma hipótese é a aplicação do isolamento pelo exterior e outra é a aplicação do isolamento pelo interior.

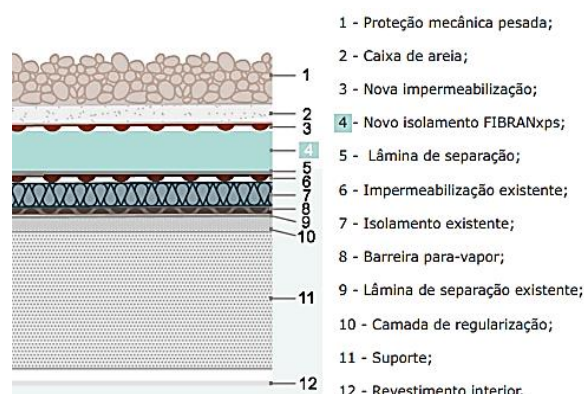


Figura 4.11 - Solução de reforço do isolamento térmico, pelo exterior, de uma cobertura plana tradicional [W₁₆]

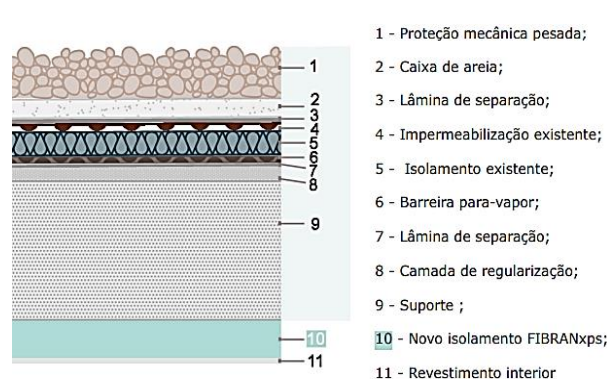


Figura 4.12 - Solução de reforço do isolamento térmico, pelo interior, de uma cobertura plana tradicional [W₁₆]

Apresenta-se, nas Figuras 4.13 e 4.14, os pormenores da solução de reabilitação para o caso da cobertura plana invertida, com o isolamento aplicado pelo exterior ou com o isolamento aplicado pelo interior da laje.

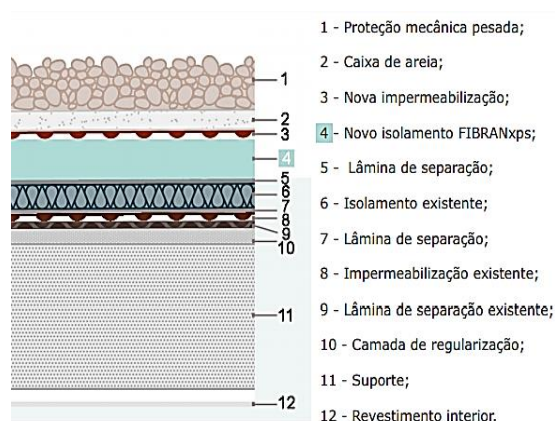


Figura 4.13 - Solução de reforço do isolamento térmico, pelo exterior, de uma cobertura plana invertida [W₁₆]

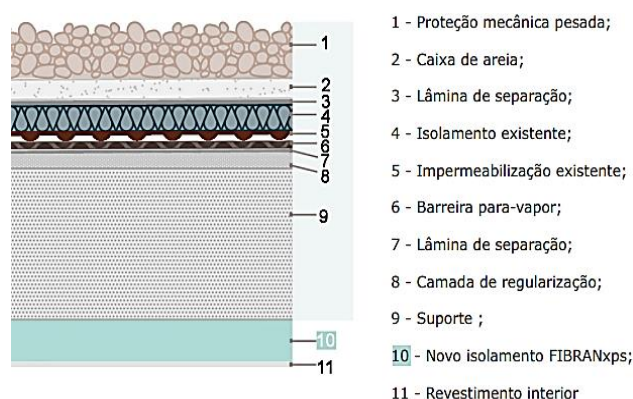


Figura 4.14 - Solução de reforço do isolamento térmico, pelo interior, de uma cobertura plana invertida [W₁₆]

No Anexo 4 apresenta-se uma proposta de reabilitação do isolamento térmico de uma cobertura em terraço com aproveitamento da camada de impermeabilização, ou com aplicação de uma nova camada de impermeabilização.

No caso de o sistema de impermeabilização se encontrar degradado, ou seja, com roturas que comprometem a sua estanqueidade, este terá de ser substituído por um de constituição semelhante à do existente e depois deverá ser aplicado o isolamento térmico pelo exterior.

4.2.4 Aplicação / reparação / substituição da camada de dessolidarização

A aplicação / reparação / substituição da camada de dessolidarização, consiste numa técnica de reparação curativa e/ou preventiva. Esta camada, como referido em 2.2.3, tem como objetivo de manter afastado o revestimento de impermeabilização da camada de proteção, contribuindo para minimizar os riscos de resultantes das ações mecânicas, bem como permitir a drenagem de água que

se infiltre até esse nível.

Este elemento é essencial tanto em sistemas com telas betuminosas como com membranas de PVC (Figura 4.15). Nas telas betuminosas, serve para separar da proteção pesada e do isolamento térmico e nas membranas de PVC para separar do isolamento térmico. Essa separação pode ser efetuada por aplicação de papel *Kraft*, folha de plástico ou manta geotêxtil.



Figura 4.15 - Feltros geotêxtil entre a proteção pesada e a impermeabilização [w41]

4.2.5 Aplicação / reparação / substituição da barreira ao vapor

A aplicação / reparação / substituição da barreira ao vapor consiste numa técnica de reparação curativa e/ou preventiva. Este elemento tem como função impedir a passagem do vapor de água para evitar condensações na face inferior do suporte resistente.

Na cobertura invertida, a impermeabilização cumpre também o papel de barreira ao vapor, uma vez que se encontra sob o isolamento térmico. Por conseguinte, o sistema de cobertura invertida permite eliminar qualquer risco de ocorrência de condensação intersticial, já que a membrana de impermeabilização / barreira ao vapor se mantém quente e a temperatura na face inferior da barreira se mantém muito acima da temperatura a que o vapor de água passa para o estado líquido, chamada de ponto de orvalho.

Há que realçar que, quanto maior for a resistência à passagem de vapor de água de um material isolante, menor será o risco de condensação.

Na execução da barreira ao vapor, devem ser tidos em conta os seguintes cuidados:

- aplicar os produtos de forma uniforme;
- evitar perfurações por menores que sejam;
- executar com continuidade;
- na aplicação de mantas, lâminas ou filmes, executar a vedação das juntas por sobreposição de, no mínimo, 5 cm.

4.2.6 Aplicação / substituição da camada de forma

A aplicação / substituição da camada de forma, consiste numa técnica de reparação curativa e/ou preventiva. Esta camada tem como função definir a pendente da cobertura.

Como referido em 2.2.3, a camada de forma pode ser executada com betão celular, *Light Expanded Clay Aggregate* (LECA) ou betão leve com granulado de EPS. A camada deve ser aplicada sobre suportes secos, limpos e isentos de asperezas e ressaltos. Na utilização de betões leves, é indispensável a colocação de uma betonilha de regularização sobre a respetiva camada de betão leve de forma a regularizar a camada.

Nos casos em que seja necessário corrigir a pendente, o que se propõe é a remoção de todos os elementos até à estrutura resistente, para, posteriormente a uma limpeza da cobertura, poder corrigir a pendente. Esta pendente não deverá ser inferior a 2% de modo a permitir o escoamento adequado da água à sua superfície e evitar a formação de poças e a acumulação de detritos.

4.2.7 Criação de caminhos de circulação

A criação de caminhos de circulação em coberturas não acessíveis consiste numa técnica de reparação preventiva. As coberturas, embora não acessíveis, devem permitir o acesso para a execução de inspeções a fim de averiguar o estado de conservação das mesmas, bem como permitir o acesso quando haja a necessidade de efetuar trabalhos de manutenção, sem danificar os demais elementos da cobertura (Raposo, 2009).

No caso de a cobertura ter como camada de proteção membranas auto-protegidas, a criação de um caminho de circulação consiste no reforço da mesma, recorrendo a outra membrana auto-protegida, de cor diferente, de forma a sinalizar os locais de passagem (Figura 4.16). Se a camada de proteção for de gravilha ou godo, o procedimento será a aplicação de lajetas nos locais de passagem (Figura 4.17).

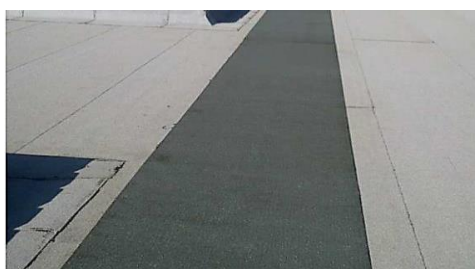


Figura 4.16 - Exemplo de caminho de circulação com reforço de membrana auto-protegida [w₁₇]



Figura 4.17 - Exemplo de caminho de circulação em lajetas [w₄₂]

O acesso a uma cobertura, segundo Lopes (2009), deve ser fácil, seguro e permitir um cómodo movimento sobre a mesma. Para tal, o acesso para a realização de trabalhos de manutenção e de reparação deve ser aceite como um critério de desempenho de uma determinada cobertura (Flores, 2002). A ausência de caminhos de circulação pode ser responsável pelas anomalias consideradas no Quadro 4.5, com consequências para o desempenho da cobertura.

Quadro 4.5 - Possíveis anomalias na ausência de caminhos de circulação

Anomalias	
Desgaste superficial	Fratura / rotura da impermeabilização
Perfuração / descolamento da impermeabilização	Deformação dos elementos

4.2.8 Aplicação / reparação/substituição de juntas de dilatação

A reparação de juntas de dilatação constitui-se como técnica de reparação curativa e preventiva. O tratamento das juntas de dilatação deve ser feito por materiais que absorvam por deformação, os esforços de tração, provocados pela movimentação das juntas ou por membranas de forma a não se lhes transmitir esses esforços, com posicionamento da membrana de impermeabilização em fole,

como esquematiza a Figura 4.18.

No caso de existir rasgamento ou fissuração da camada de impermeabilização sobre a junta de dilatação da cobertura, a sua reabilitação consiste na remoção da impermeabilização que faz de remate ao cordão de espuma flexível ou de mastique, devendo-se remover o suficiente para que não haja sobreposição das diferentes juntas da membrana. Se o cordão flexível existente não estiver degradado, pode-se aplicar a membrana de impermeabilização sobre este.

No caso de não existir cordão flexível ou se este se encontrar bastante degradado, o proposto é a remoção do material existente, seguida da aplicação de um novo cordão flexível ou mastique, e, por fim, da aplicação da membrana de impermeabilização sobre este em forma de fole. No Anexo 4, apresenta-se uma proposta de reabilitação de uma junta de dilatação.

O interior da junta pode ser preenchido com um material flexível e compressível, como espuma de poliuretano ou de polipropileno, poliestireno expandido ou aglomerado de cortiça expandida (Figura 4.19) (Imperialum, 2014; Alves, 2013).

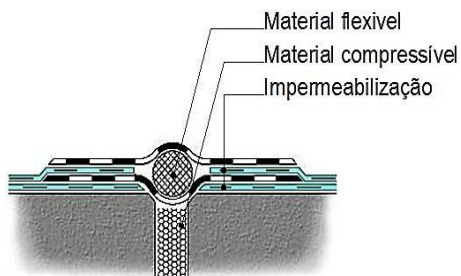


Figura 4.18 - Pormenor de reabilitação de uma junta de dilatação (Imperialum, 2014)

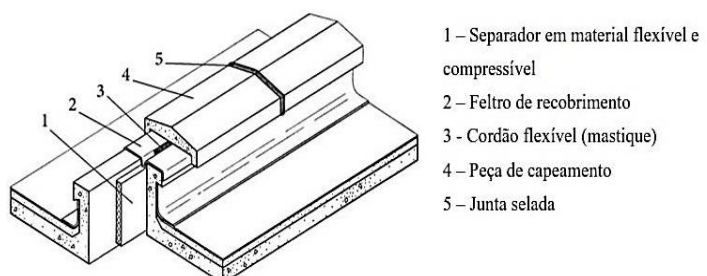


Figura 4.19 - Junta de dilatação com capeamento na proteção (Gomes, 1968)

4.2.9 Reparação de remates e elementos de proteção associados

A reparação de remates constitui-se como técnica de reparação curativa e preventiva. Esta técnica aplica-se em pontos singulares tais como platibandas, clarabóias, soleiras e chaminés.

A reparação dos pontos singulares enunciados torna-se por vezes difícil, porque os sistemas de impermeabilização são de materiais diferentes dos pontos singulares, e o espaço disponível para o trabalhador operar é demasiado reduzido.

Dependendo dos casos, torna-se vantajoso e prático fazer a reabilitação dos remates com membrana líquida de poliuretano (Figura 4.20). Esta solução tem uma grande aderência a todo o tipo de materiais, como betuminosos, betonilhas, elementos metálicos e de madeira e adapta-se com facilidade a qualquer tipo de geometria do remate.



Figura 4.20 - Saída de águas pluviais reabilitada com membrana de poliuretano (www.Sotecnisol.com, 2015)

As anomalias pontuais que ocorrem em coberturas em terraço consistem muitas vezes em fendilhações dos remates do sistema de impermeabilização com os elementos emergentes da cobertura ou deficiências nas embocaduras dos tubos de queda. Nestes casos, recomenda-se uma das seguintes soluções:

- aplicação de um revestimento de impermeabilização de ligante sintético, como tratamento curativo;
- aplicação de uma nova argamassa de reboco (Figura 4.21);
- recobrimento dessa zona por um rufo metálico fixado mecanicamente ao elemento emergente (Figura 4.22).

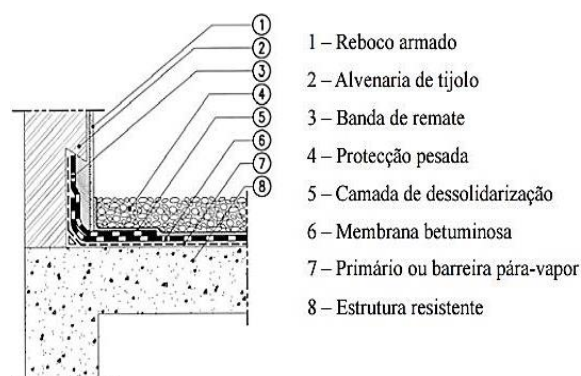


Figura 4.21 - Pormenor de remate embutido em roços [w29]

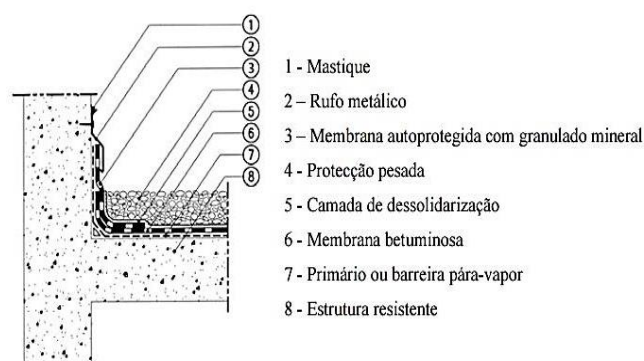


Figura 4.22 - Pormenor de remate protegido com rufo metálico [w29]

De um modo geral, os problemas de má impermeabilização nas soleiras devem-se à falta de altura da base da soleira e ao arrancamento da membrana de impermeabilização, sendo a reabilitação de cada caso distinta.

No caso em que a base da soleira se encontra elevada, a cotas superiores a 10 cm, e o revestimento não se encontra encastrado entre a soleira e o seu suporte, o procedimento consiste em retirar a porta e a caixilharia, bem como os elementos sobrepostos ao sistema de impermeabilização na zona envolvente da cobertura. Posteriormente, é colocada a impermeabilização sob a soleira e executada a ligação com a impermeabilização da cobertura, garantindo uma sobreposição mínima de 10 cm. Por fim, recoloca-se os elementos superiores à impermeabilização, incluindo o revestimento da soleira.

Quando a soleira não tem altura suficiente para impedir a entrada de água, é necessário remover todos as camadas envolventes na cobertura até se atingir a camada de forma. A solução consiste em executar um murete de alvenaria com o propósito de fazer um degrau de soleira, com uma altura suficiente, para que, conjuntamente com o revestimento de impermeabilização, impeçam a passagem água para o interior. Após executar o murete, coloca-se a membrana de impermeabilização de modo a acompanhar a subida do paramento vertical e ficar por baixo da pedra de soleira (António, 2011). A Figura 4.23 representa a forma correta de execução do remate com um elemento emergente. A Figura 4.24 representa uma execução errada de remate da soleira.

Nos pontos singulares referidos, deve ser executado um remate em toda a envolvente, numa altura compreendida entre 15 e 30 cm, acima do piso acabado. Este remate permite diminuir a possibilidade de a água acumulada na cobertura penetrar através das zonas superiores dos elementos emergentes.

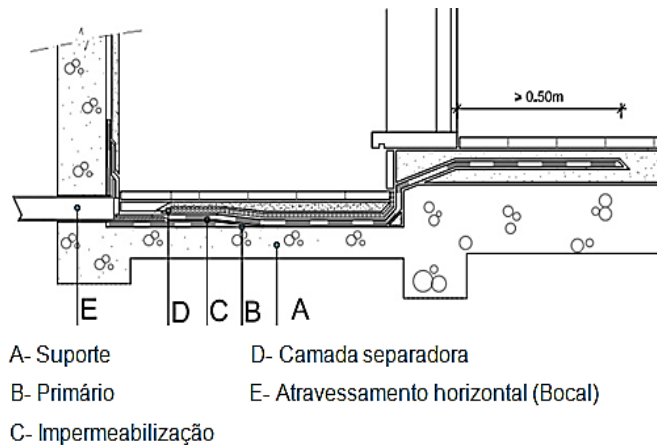


Figura 4.23 - Pormenor de soleira (adaptado de Imperialum, 2014)

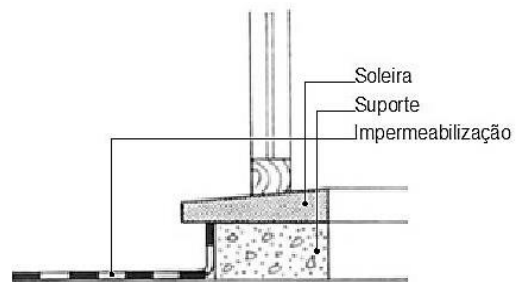


Figura 4.24 - Pormenor errado de uma soleira (adaptado de Lopes, 2010)

Os ângulos salientes ou reentrantes devem ser arredondados, contribuindo para uma melhor aderência, particularmente das membranas betuminosas. Ainda para aumentar a resistência da zona dos remates aos esforços mecânicos, deve ser aplicada nessa zona uma banda de reforço com cerca de 30 cm de largura. Quando executado em elementos de alvenaria ou betão, o remate deve ficar embutido em roços ou, em alternativa, protegido superiormente por elementos prefabricados, por exemplo rufo metálico.

No primeiro caso, as fendas que aí se formem devem ser previamente alargadas e preenchidas com um mastique compatível com o revestimento a aplicar. Posteriormente, deve ser aplicado um revestimento curativo com um consumo húmido de cerca de $1,0 \text{ kg/m}^2$.

No segundo caso, a nova argamassa de reboco deve ser de cimento e areia, aplicada em duas camadas: a primeira com um traço volumétrico 1:3 (cimento: areia) e a segunda com um traço volumétrico 1:5 (cimento: areia). A primeira camada deve ser precedida de um salpisco com argamassa rica em cimento para garantir condições de aderência.

No caso de aplicação do rufo metálico, o bordo superior deve ser preenchido com um mastique apropriado e as peças de fixação do rufo devem ser aplicadas contra anilhas rígidas de distribuição da força de aperto e anilhas vedantes.

Na aplicação da impermeabilização junto a platibandas, é importante que a membrana se prolongue até cobrir a face superior do murete, especialmente se esse murete não tem uma altura significativa, até cerca de 0,5 m. No caso de ter uma altura superior a 0,5 m, o recomendado é aplicar o já referido rufo metálico fixado mecanicamente (Alves, 2013).

O capeamento da platibanda pode ser feito pela utilização de peças prefabricadas em pedra, betão, cerâmica ou metálicas. Estas peças deverão ter, preferencialmente, uma ligeira pendente para o interior da cobertura para evitar a acumulação de água no seu topo (Figuras 4.25 e 4.26). A fixação do capeamento à platibanda com peças em betão ou cerâmica é feita com cimento-cola. No caso das peças em chapa metálica, a fixação é mecânica e recomenda-se a utilização de anilhas vedantes nos pontos de fixação para evitar infiltrações por estes locais (Lopes, 2011).

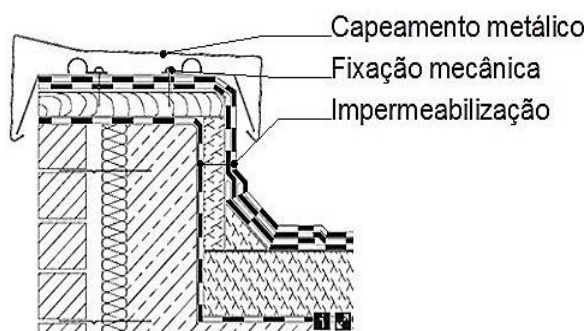


Figura 4.25 - Pormenor de platibanda [adaptado de w₂₀]



Figura 4.26 - Exemplo de platibanda com capeamento em chapa metálica [adaptado de w₂₀]

4.2.10 Aplicação / reparação / substituição de sistemas de drenagem

A aplicação / reparação / substituição de sistemas de drenagem constitui-se como técnica de reparação curativa e preventiva. Esta técnica aplica-se a problemas junto à boca de descarga, caleiras, algerozes e tubos de queda.

O fácil acesso aos sistemas de drenagem de águas pode à primeira vista ter uma reduzida relação com os níveis de qualidade e de conforto proporcionado aos utentes. No entanto, quando é necessário efetuar operações de manutenção ou de reparação deste sistema, estas serão tanto mais demoradas quanto maior for a dificuldade de acesso.

A reabilitação de sistemas de drenagem, como tubos de queda, caleiras ou algerozes, deve incidir sobre a reparação / substituição dos seus componentes, de forma isolada ou em conjunto, com o objetivo de garantir a eficácia da instalação de drenagem de águas pluviais. Em síntese, apresenta-se de seguida alguns exemplos de medidas a desenvolver no âmbito desses trabalhos de reabilitação (Paiva, 2006):

- correção do traçado da rede, caso haja insuficiência de capacidade de drenagem face aos caudais previstos;
- reparação e adequada impermeabilização das caleiras;
- substituição ou reparação de algerozes;
- reconstrução das ligações das caleiras e dos algerozes aos tubos de queda, mantendo tanto quanto possível o aspeto exterior do edifício;
- substituição ou reparação dos tubos de queda, tendo em conta que, caso sejam de material frágil ou amolgável, devem ser protegidos ou substituídos por tubos de aço galvanizado até a uma altura de cerca de 2 m, para evitar roturas ou oclusões por choques acidentais;
- reconstrução das ligações dos tubos de queda aos ramais de ligação, sempre que estes existam;
- repintura, quando justificada, após os trabalhos de reparação, efetuada de acordo com os procedimentos indicados a propósito deste tipo de intervenção.

Para evitar problemas de entupimento da rede de drenagem, deve-se colocar acessórios nas embocaduras para impedir a passagem de detritos de maior dimensão para o interior dos tubos de queda. Os acessórios como o ralo de pinha ou cestos (Figuras 4.27 e 4.28) cumprem esse requisito.

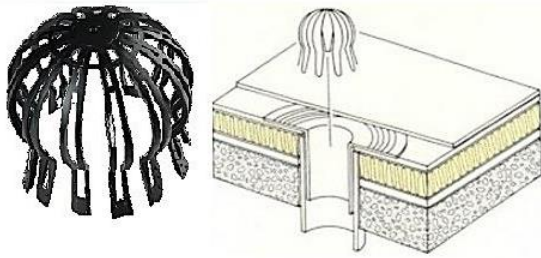


Figura 4.27 - Ralo de pinha [w43]



Figura 4.28 - Proteção em forma de cesto [w36]

A embocadura dos tubos de queda deve ser convenientemente inspecionada, após remoção dos detritos aí existentes, com vista a detetar eventuais deslizamentos ou fendilhações dos remates da impermeabilização nessas zonas. Caso se verifique essas anomalias, o remate deve ser removido e aplicado um novo remate em sua substituição.

Nos casos em que se verifica a acumulação de água na cobertura em pontos onde não existe um sistema de drenagem, o problema poderá ser resolvido através da correção da pendente, através do procedimento descrito no ponto 4.2.6 aplicação / reparação da camada de forma, ou através da realocação da embocadura para o local correto.

Quando se verifica infiltrações junto à boca de descarga, devido a anomalias detetadas no sistema de impermeabilização, o proposto será a remoção de todos os elementos junto do ponto singular e a reabilitação do sistema com recurso a um bocal.

Na reabilitação da embocadura dos tubos de queda, o mais indicado é a aplicação de peças pré-fabricadas com material flexível, resistente à chama do maçarico e compatível com o sistema de impermeabilização (Figura 4.29 e 4.30). Num sistema bi-capa, o bocal será intercalado entre as membranas de impermeabilização. Num sistema de impermeabilização monocapa, deverá-se colocar, em volta do tubo de queda, uma membrana inferior idêntica à monocapa, totalmente aderida ao suporte e com dimensão superior à aba do bocal, de forma a garantir a intercalação da referida aba (Imperialum, 2014).

Peças de embocadura fabricadas em material metálico não são recomendadas (Figura 4.31), visto que, com a variação de temperatura, estes elementos têm comportamento diferente do sistema de impermeabilização o que contribui para a ocorrência de fissuras nesta zona.

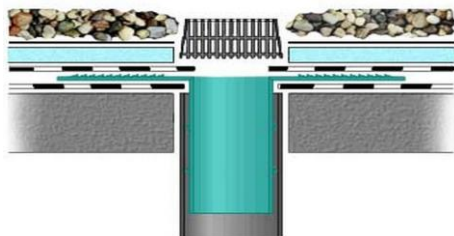


Figura 4.29 - Pormenor de reabilitação do tubo de queda com recurso a um bocal [w19]



Figura 4.30 - Bocal em PVC [w19]



Figura 4.31 - Remate de tubo de queda com material metálico [w1]

4.2.11 Aplicação / reparação / substituição de fixações mecânicas nos elementos

A aplicação / reparação / substituição da fixação mecânica dos elementos constitui-se como uma técnica de reparação curativa e preventiva. A fixação mecânica dos elementos constituintes da cobertura em terraço, como referido em 2.2.4, utiliza peças específicas fabricadas em aço galvanizado, aço inox ou temperado, alumínio ou plástico, para fixação do isolamento térmico e/ou do sistema de impermeabilização à estrutura resistente (Figuras 4.32 e 4.33).



Figura 4.32 - Fixação do isolamento térmico com peça de aço galvanizado [w17]



Figura 4.33 – Peça de fixação em polipropileno [w44]

A utilização de fixação mecânica é essencial quando o sistema de impermeabilização for auto-protegido. Esta solução é necessária para evitar o arrancamento da impermeabilização por ação do vento (Sotecnisol, 2012).

As buchas plásticas (Figura 4.33) são fabricadas em polipropileno, produto caracterizado por uma elevada resistência ao desgaste e à tração conjugado com um peso extremamente reduzido. Este produto pode ser utilizado na fixação de painéis de isolamento térmico, de poliestireno expandido extrudido, poliestireno expandido moldado, lã de rocha, lã de vidro e em elementos de betão ou em alvenaria [w12].

Dependendo da forma como é transmitido ao elemento o aperto dos elementos de fixação, a fixação mecânica pode ser designada de fixação pontual ou fixação linear. Na fixação pontual, cada parafuso dispõe de um elemento de distribuição de força de aperto (em geral, chapa de aço ou metálico). Na fixação linear, o elemento de fixação desenvolve a força de aperto predominantemente numa direção, pretendendo-se que a força de aperto seja transmitida o mais uniforme possível na superfície da impermeabilização (Lopes, 2010).

Durante a execução, é importante que a penetração das buchas na estrutura de suporte corresponda à profundidade de ancoragem da bucha e no caso de buchas de percussão a cabeça das buchas é equipada com uma base própria para a lã de rocha.

Na fixação mecânica de um sistema com membranas de impermeabilização, estas não deverão ter armadura em fibra de vidro, uma vez que é uma armadura bastante frágil, mas sim de malha de poliéster.

4.3 Matriz de correlação anomalias - técnicas de reabilitação

Após se terem definido as anomalias nas coberturas em terraço (em 3.2) e a classificação e descrição detalhada das técnicas de reabilitação propostas (em 4.2), é apresentada no Quadro 4.6 - Matriz de correlação anomalias - técnicas de reabilitação a matriz de correlação das anomalias com as técnicas de reabilitação. Nesta matriz, a cada linha corresponde uma anomalia, resultante da clas-

sificação de anomalias proposta por Conceição (2015) para coberturas em terraço, e a cada coluna corresponde a técnica de reabilitação proposta.

A matriz foi obtida com base em referências bibliográficas e, posteriormente, com a análise dos dados do trabalho de campo e validação do sistema, alguns desses valores sofreram alterações. Na interseção de cada linha (representando uma anomalia) com cada coluna (representando um técnica de reabilitação), é introduzido um número que representa o grau de correlação entre a anomalia e a técnica de reabilitação, de acordo com os critérios definidos por Brito (1992) e Silvestre (2005), com o seguinte significado:

- 0 - sem relação: não existe qualquer relação entre a anomalia e a técnica de reparação;
- 1 - pequena relação: técnica de reparação adequada, dentro de determinadas limitações de aplicabilidade, para reparar a anomalia ou eliminar a(s) causa(s) de ocorrência;
- 2 - grande relação: técnica de reparação mais adequada para reparar a anomalia ou eliminar a(s) causa(s) da sua ocorrência.

Quadro 4.6 - Matriz de correlação anomalias - técnicas de reabilitação

Matriz correlação anomalias - técnicas de reabilitação											
A / R	R.1	R.2	R.3	R.4	R.5	R.6	R.7	R.8	R.9	R.10	R.11
A-G1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A-G2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-G3	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A-G4	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A-G5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-G6	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0
A-G7	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0
A-G8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-G9	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
A-G10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-G11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
A-G12	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0
A-S1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
A-S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
A-S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
A-S4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
A-S5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
A-S7	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
A-S8	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0

Da análise dos dados apresentados no Quadro 4.6, pode-se constatar a existência de anomalias com várias técnicas de reabilitação possíveis. Nestes casos, a opção pela técnica a utilizar terá de ter em consideração que as técnicas de pequena relação só deverão ser utilizadas em situações particulares de manifestação de anomalias de acordo com os elementos afetados, nas quais se verifiquem as condições descritas nas fichas de reabilitação ou quando há registo de várias anomalias conjuntamente. Nas situações em que existe uma grande relação entre duas ou mais técnicas associadas à mesma anomalia, é necessário analisar o material e o nível de gravidade do elemento afetado para

optar pela técnica mais adequada em termos técnicos-económicos. No entanto, poderá ser adotada mais do que uma técnica de reabilitação no caso em que se complementem na reparação da anomalia e eliminação das respetivas causas (adaptado de Silvestre, 2005; Palha, 2008; Lopes 2009).

Para a escolha da técnica de reabilitação mais adequada para reabilitar o elemento e tendo em conta a técnica que representa uma melhor viabilidade económica de intervenção, é necessário avaliar ainda os seguintes fatores: análise do estado de desenvolvimento da anomalia; análise da vida útil remanescente dos restantes elementos que constituem a cobertura; custos da intervenção de acordo com o valor estimado do elemento a reparar; urgência de intervenção; riscos para os utentes; pretensões do cliente e condicionalismos associados ao conjunto dos trabalhos (adaptado de Silvestre, 2005; Palha, 2008; Lopes, 2009). Nos casos em que exista uma grande relação entre a anomalia e a técnica de reabilitação a aplicar e a reparação do elemento seja mais onerosa do que a sua substituição, deverá optar-se pela sua substituição em detrimento da sua reparação.

O Quadro 4.7 apresenta um exemplo da relação que poderá existir entre uma anomalia com a respetiva técnica de reabilitação a aplicar. A anomalia exemplificada é a A-G5 (Fissuração) (Conceição, 2015).

Quadro 4.7 - Exemplo de ficha de correlação anomalia - técnicas de reparação

Ficha de correlação anomalia - técnica de reabilitação		Anomalia
		A-G5 (Fissuração)
Técnica de reabilitação	R.2 (Aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização com membranas betuminosas em sistema bicapa).	
Resumo dos trabalhos	1. Analisar o estado de conservação do sistema de impermeabilização existente; 2. Remover o revestimento de impermeabilização que se encontre degradado, em pontos singulares e em zonas periféricas; 3. Aplicar primário betuminoso nas zonas de aderência, remates e pontos singulares. Aplicar a pincel, rolo ou por pistola; 4. Aplicar a primeira camada de membranas. As membranas perfeitamente soldadas por chama de maçarico, sendo a sobreposição das juntas longitudinais cerca de 10 cm e nas juntas transversais 15 cm. Colocar as membranas no mesmo sentido da pendente ou no mesmo sentido em que as membranas existentes estão aplicadas; 5. Aplicar a segunda camada de membranas completamente aderida à primeira camada. As juntas da camada superior devem ficar desencontradas em relação às juntas da camada inferior, rematando, além da primeira membrana 10 cm.	
Custo estimado	14 €/m ² .	

4.4 Fichas de reabilitação

Como referido, a cada técnica de reabilitação proposta na dissertação está associada uma ficha de reabilitação, cujo modelo e informação são semelhantes aos dos trabalhos realizados por Brito (1992), Silvestre (2005), Palha (2008) e Lopes (2009). O conteúdo das diferentes fichas de reabilitação propostas pode ser sintetizado em:

- identificação da técnica (respeitando a nomenclatura definida no Quadro 4.2);
- número da ficha de reparação (conforme a listagem apresentada no Quadro 4.2);
- ilustração e descrição representativa da técnica;

- característica dos materiais necessários para executar a respetiva técnica;
- descrição do conjunto de trabalhos a realizar, apresentando os mesmos pela sua sequência de execução, estando a definição das fases a executar em cada caso dependente das ocorrências de outras anomalias em simultâneo, entre outros fatores;
- problemas e cuidados especiais associados à execução da técnica;
- mão-de-obra e prazo de execução estimados;
- equipamento necessário;
- custo unitário estimado;
- apresentação das referências bibliográficas mais importantes associadas à técnica apresentada.

O Quadro 4.8 apresenta um exemplo de ficha de reparação associado à técnica de reabilitação R.3.

Quadro 4.8 - Exemplo de ficha de reparação associada à técnica de reabilitação R.3 (aplicação / reparação / substituição do isolamento térmico)

Ficha de reparação R.3		Ficha n.º 3
<p>Designação: aplicação / reparação / substituição do isolamento térmico</p> <p>Descrição:</p> <p>(a) aplicação / reparação do isolamento térmico</p> <p>(b) substituição do isolamento térmico.</p> <p>Características dos materiais:</p> <p>(i) lã de rocha; (ii) poliestireno extrudido (XPS);</p> <p>(iii) poliisocianurato (PIR); (iv) aglomerado de cortiça;</p> <p>Descrição dos trabalhos:</p> <p>-analisar o estado de conservação da superfície de aplicação;</p> <p>(a) <u>Cobertura tradicional</u>: 1. aplicar barreira ao vapor; 2. aplicar isolamento térmico; 3. colocar camada de geotêxtil sobre o isolamento térmico caso o sistema de impermeabilização seja em PVC.</p> <p>(b) <u>Cobertura invertida</u>: 1. aplicar geotêxtil, no caso de sistema de impermeabilização em PVC; 2. aplicar isolamento térmico (ii ou iii); 3. colocar camada de geotêxtil se existir camada de proteção pesada.</p> <p>Problemas e cuidados especiais:</p> <p>- a espessura do isolamento aplicada deve cumprir os requisitos regulamentares (RCCTE, 2013);</p> <p>- numa cobertura do tipo tradicional com XPS ou aglomerado de cortiça expandida, não é possível aplicar um sistema de impermeabilização aderente com recurso a chama de maçarico;</p> <p>- numa cobertura invertida sem proteção pesada, o isolamento térmico deverá ser fixo mecanicamente.</p> <p>Mão-de-obra e prazo de execução estimado:</p> <p>(a) (i) 3 operários x 1 dia: 200 m²; (ii e iii) 3 operários x 1 dia: 250 m²; (iv) 3 operários x 1 dia: 200 m²;</p> <p>(b) (i) 3 operários x 1 dia: 450 m²; (ii e iii) 3 operários x 1 dia: 500 m²; (iv) 3 operários x 1 dia: 350 m².</p> <p>Equipamento necessário:</p> <p>- caráter geral: meios de acesso à cobertura; fita métrica; faca tipo X-ato com lâmina curva; serrote; ferramenta usual de pedreiro, se necessário; luvas de proteção; capacete; calçado flexível e sem deixar rasto; utilizar máscara quando aplicados os produtos (i e iv);</p> <p>(b) carrinho de mão; contentor de entulho;</p> <p>Estimativa de custos:</p> <p>-a estimativa foi obtida para uma espessura de 6 cm do isolamento:</p> <p>(a) (i) 16 €/m²; (ii) 15 €/m²; (iii e iv) 19 €/m²;</p> <p>(b) transporte de vazadouro 150€ com capacidade de 6m³.</p>		

Referências bibliográficas: (Lopes, 2010); w_1 ; w_2 ; w_3 ; w_4 ; w_5 .

As fichas de reabilitação das diferentes técnicas de reabilitação propostas encontram-se no Anexo 4. No que se refere à estimativa de custos e do prazo de execução, estes dados têm apenas carácter indicativo, uma vez que estes dependem de vários fatores, nomeadamente:

- localização da cobertura em relação à empresa que vai realizar a reabilitação (custos de transporte);
- acesso à cobertura (custos de montagem e desmontagem de andaimes ou equipamentos auxiliares em coberturas sem acessibilidade);
- pontos singulares (quanto mais singularidades tiver a cobertura, menor será o rendimento da equipa o que implica um custo acrescido por unidade de medida);
- área de intervenção (quanto maior a área a intervir, menor serão os custos de intervenção por unidade de medida).

4.5 Considerações finais

A partir do momento em que os elementos constituintes da cobertura em terraço perdem as suas características, deixando de cumprir as funções para que foram estabelecidos ou até mesmo futuramente comprometendo o correto funcionamento da cobertura, torna-se necessário efetuar trabalhos de reabilitação. Este capítulo surge com o objetivo de fazer face a estas necessidades, propondo um conjunto de trabalhos de reabilitação que visam atuar sobre determinadas anomalias e causas dos elementos afetados.

Segundo vários autores, como Silvestre (2005), (Palha) 2008 e Lopes (2009), as necessidades de intervenções de reparação podem ser minimizadas através de uma estratégia de manutenção pró-ativa, com medidas tomadas na:

- fase de projeto da cobertura, por exemplo, com a escolha adequada dos materiais;
- com execução correta em obra, por exemplo através da aplicação de armadura nas membranas líquidas, de forma a melhorar o comportamento do revestimento de impermeabilização às tensões impostas, ou através do correto armazenamento e transporte das membranas betuminosas;
- realização de operações periódicas de manutenção, com planos de inspeção e manutenção que abranjam todo o período de vida útil dos elementos.

Além das medidas enunciadas, é fundamental que a mão-de-obra seja especializada e com experiência, de forma a garantir o correto funcionamento da cobertura sem que esta necessite de intervenções excecionais antes de atingir o tempo de vida útil.

A escolha da técnica de intervenção mais adequada para aplicar a determinada anomalia deve seguir a correlação anomalia - técnicas de intervenção proposta nesta dissertação, tendo por base o desempenho técnico e o custo associado ao método de intervenção. Esta seleção também está relacionada com a estabilização ou progressividade da anomalia e com os elementos afetados.

5 Validação do sistema e tratamento estatístico dos dados recolhidos

5.1 Considerações iniciais

Este capítulo tem como objetivo a validação do sistema classificativo proposto, através da comparação entre a matriz correlação anomalias - técnicas de reabilitação teórica e prática e posterior calibração. Também foi realizado um tratamento estatístico dos dados recolhidos do plano de inspeção com uma análise aprofundada dos dados obtidos. Esta metodologia foi utilizada em trabalhos semelhantes, tais como Silvestre (2005), Palha (2008) e Lopes (2009).

No Anexo 5.I é apresentada a ficha de inspeção, sendo esta constituída por campos de preenchimento que identificam as características gerais do edifício e cobertura. A ficha de validação é apresentada no Anexo 5.II, constituída numa primeira parte pelas anomalias observadas e numa segunda parte pelas técnicas de reabilitação propostas para colmatar os casos anómalos. Neste trabalho de campo, apenas foram efetuadas inspeções visuais às coberturas, apoiadas em conhecimentos adquiridos pela bibliografia consultada e por entrevistas realizadas a empresas do sector, não sendo realizados quaisquer ensaios *in situ* ou em laboratório.

O plano de investigação é composto por 105 coberturas inspecionadas, onde foram identificadas 608 anomalias. A cada anomalia foram associadas uma ou mais técnicas de reabilitação, contabilizando um total de 385 técnicas.

5.2 Plano de inspeções às coberturas em terraço

Com a validação do sistema proposto, juntamente com o trabalho realizado desenvolvido por Conceição (2015), pretende-se que o mesmo sirva de auxílio a futuras inspeções e manutenções de coberturas em terraço.

As inspeções podem ser de carácter periódico, das quais fazem parte as inspeções do tipo corrente ou do tipo detalhado, mas também inspeções de carácter não periódico, designadas por inspeções pós-intervenção. O Quadro 5.1 sintetiza a identificação e caracterização das diferentes formas de inspeção.

A metodologia de intervenção é escolhida em função da degradação observada, dos padrões de qualidade exigidos, das necessidades de manutenção, da gravidade das anomalias e dos recursos económicos disponíveis (Silvestre, 2005; Garcia, 2006; Palha, 2008).

O plano de inspeções apresentado, quando inserido numa estratégia pró-ativa de manutenção, permite minimizar os custos totais inerentes ao edifício e, além disso, assegurar a satisfação contínua de um determinado padrão de qualidade (Flores, 2002; Palha, 2008).

5.2.1 Mapeamento de anomalias

De forma a tornar mais fácil a localização da anomalia na cobertura com vista à sua reparação, deverá ser realizado para cada cobertura o mapeamento das anomalias detetadas, com base numa

planta ou num esboço. A planta deverá ser constituída por uma malha com dimensão adequada, onde serão preenchidos os espaços com o código da anomalia correspondente. Esta informação poderá ser completada através de um registo fotográfico da anomalia, decorrente da inspeção (Lopes, 2009).

Quadro 5.1 - Identificação e caracterização das diferentes formas de inspeção (adaptado de Brito, 1992; Silvestre, 2005; Palha, 2008; Lopes, 2009)

Tipo de inspeção	Periodicidade mínima / máxima	Objetivo	Metodologia
Corrente	12 a 16 meses	Detetar anomalias de rápida evolução; monitorizar anomalias detetadas em inspeções anteriores	Observação visual do elemento; reduzidas necessidades de equipamento
Detalhada	5 a 10 anos	Monitorizar anomalias detetadas em inspeções anteriores, determinar a sua extensão, gravidade e respetivas causas	Observação visual do elemento; ensaios <i>in situ</i> ; estrutura de apoio pessoal e material considerável
Pós-intervenção	-	Verificar os casos de degradação precoce do elemento devido a erros de execução das técnicas de reparação	Observação visual dos elementos; reduzidas necessidades de equipamento

5.2.2 Ficha de inspeção

A ficha de inspeção tem como objetivo identificar o edifício e a cobertura a inspecionar mas também servir de elemento de apoio ao inspetor, a fim de permitir fazer o registo de todas as anomalias e informações observadas durante a inspeção para posteriormente poderem ser estudadas e tomadas decisões para o seu tratamento.

A ficha de inspeção apresentada no Anexo 5.I, é composta pelos seguintes itens a preencher (adaptado de Silvestre, 2005; Palha, 2008; Lopes, 2009):

- cabeçalho com o número da ficha de inspeção, a data em que foi efetuada, o responsável pela sua realização, a sua função e o objetivo da inspeção;
- identificação do edifício:
 - localização;
 - tipo de utilização dominante;
 - intervenções posteriores na cobertura após a sua conclusão;
 - número de pisos acima do solo;
 - tipo de envolvente;
 - proximidade do mar;
 - outras observações relevantes;
- identificação da cobertura:
 - acesso ao interior do edifício;
 - área total da cobertura;
 - pendente;
 - posicionamento do isolamento térmico;

- tipo de proteção;
- material de impermeabilização;
- existência de fixação mecânica;
- existência de caminhos de circulação;
- singularidades da cobertura;
- outras observações relevantes;
- notas sobre a manutenção da cobertura.

Alguns dos parâmetros apresentados, embora sejam importantes do ponto de vista do diagnóstico, são de difícil, ou mesmo impossível, preenchimento. Este está dependente do contacto com o proprietário, para que este garanta o acesso à cobertura e ao interior do edifício, bem como do fornecimento de informações, como projetos de execução ou de reparação, de forma a completar a ficha de inspeção. É apresentada no Anexo 5.III uma ficha de inspeção devidamente preenchida respeitante a uma cobertura inspecionada.

5.2.3 Ficha de validação

As fichas de validação complementam as fichas de inspeção, cujo objetivo é validar o sistema classificativo proposto por esta dissertação através das anomalias identificadas no trabalho de campo e a sua resolução com base nas técnicas de reabilitação propostas.

A ficha de validação, apresentada no Anexo 5.II, é composta pelos seguintes itens a preencher (adaptado de Silvestre, 2005; Palha, 2008; Lopes, 2009):

- cabeçalho com o número da ficha de validação igual à ficha de inspeção e a data em que foi efetuada;
- identificação das anomalias:
 - código da anomalia observada na cobertura (de acordo com o definido no capítulo 3);
 - notas sobre as anomalias observadas que complementam a sua anotação;
- caracterização das anomalias:
 - condições para que o fenómeno progrida (S/N);
 - percentagem da área afetada %; localizada (L);
 - valor estético das áreas afetadas: alto (A); médio (M); baixo (B);
 - estado de degradação: alto (A); médio (M); baixo (B);
 - manchas de humidade (S/N);
 - ocorrência de infiltrações (S/N);
 - execução correta das fixações (S/N);
 - o fenómeno pode a curto / longo prazo vir a afetar o estado do revestimento de impermeabilização (S/N);
 - materiais adequados (S/N);
 - modo de execução correto dos remates (S/N);
 - ausência de camada / fixações / capeamento (S/N);

- cobertura visitável, junta sobrelevada (S/N);
- cobertura não visitável, junta sobrelevada (S/N);
- largura da sobreposição suficiente (S/N);
- existência de ralos nas embocaduras (S/N);
- correto posicionamento (S/N);
- inclinação insuficiente (S/N);
- altura do capeamento adequada (S/N);
- nível de gravidade (0; 1; 2);
- reabilitação da cobertura:
 - técnicas mais adequadas para a reabilitação da cobertura (de acordo com o definido no capítulo 4);
 - observações relacionadas com as técnicas de reabilitação preconizadas.

O anexo 5.IV apresenta um exemplo de uma ficha de validação preenchida.

5.3 Validação do sistema classificativo proposto

A validação do sistema classificativo proposto é feita através da realização de um trabalho de campo a um número significativo de coberturas. A amostra inclui todas as anomalias e técnicas de reabilitação propostas em capítulos anteriores, isto para que permita calibrar a matriz correlação, anomalias - técnicas de reabilitação. A cada anomalia detetada na cobertura, durante a campanha de inspeções, foi efetuada uma correspondência de uma ou mais técnicas de reabilitação que se considerou as mais adequadas para tratar a anomalia identificada e eliminar ou minorar o efeito do respetivo agente causador (Silvestre, 2005; Lopes, 2009).

No trabalho de campo, foram inspecionadas 105 coberturas, das quais foram diagnosticadas 608 anomalias. Para reparar as anomalias identificadas, foram propostas 385 técnicas de reabilitação o que dá, em média, 0,6 técnicas de reabilitação por anomalia. O fato do valor médio obtido ser inferior a 1 significa que uma técnica pode resolver mais do que uma anomalia. Caso fosse obtido um valor médio de 1 significa que as medidas corretivas apenas incidem na reparação da anomalia e não permite a anulação da causa, ao contrário de Palha (2008), Lopes (2009) e Silvestre (2005) que obtiveram um valor médio superior a 1 técnica de reabilitação por anomalia. Esta diferença de valores pode dever-se ao facto de o referido autor considerar a correlação não só da anomalia mas também das causas prováveis.

A Figura 5.1 apresenta a frequência absoluta das técnicas de reabilitação propostas para a amostra em estudo. Da análise da Figura 5.1, pode-se concluir que quase toda a amostra necessita de intervenção da técnica de reabilitação do tipo R.1 (limpeza do revestimento exterior da cobertura em terraço) e do tipo R.2 (aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização).

A técnica R.1 é justificada pela falta de um plano de manutenção, seja ela periódica ou regular. Esta ausência conduz a um acumular progressivo de detritos e de vegetação que a curto prazo comprometam o correto funcionamento da cobertura.

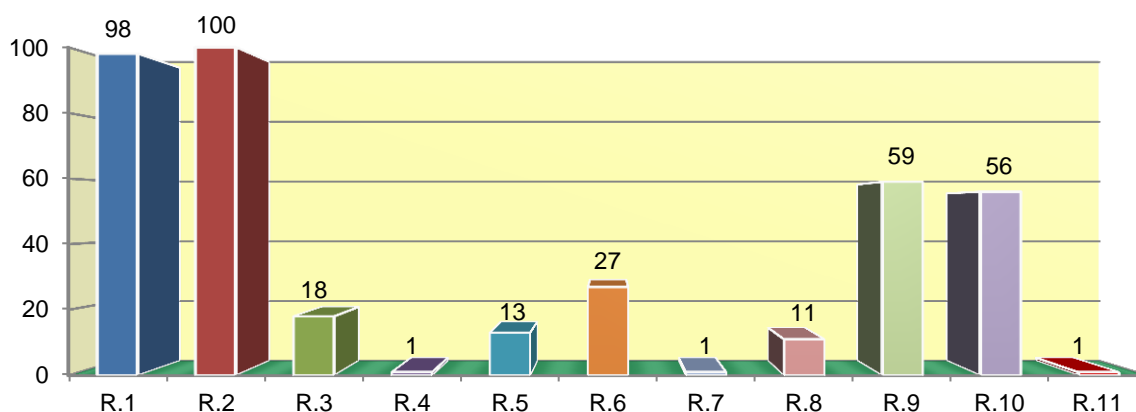


Figura 5.1 - Frequência absoluta das técnicas de reabilitação propostas para a amostra recolhida

A elevada utilização da técnica de reabilitação R.2 demonstra o número reduzido de coberturas em que o revestimento de impermeabilização se encontra em ótimas condições. A adoção da técnica R.2 não significa apenas que o revestimento de impermeabilização esteja degradado ou a estanqueidade da cobertura esteja comprometida. Poderá também estar relacionada com a incorreta aplicação do revestimento, inviabilizando a durabilidade do material garantida pelo fabricante e o correto funcionamento da cobertura.

A proposta de utilização do método R.9 (reparação de remates e elementos de proteção associados) em mais de metade das coberturas inspecionadas, demonstra a importância que este elemento deve ter na sua pormenorização e execução. Grande parte desta anomalia foi registada em platibandas que apresentavam ausência de capeamento e remates sem um acabamento adequado.

A técnica R.10 (aplicação / reparação / substituição do sistema de drenagem) à semelhança da técnica anterior, foi proposta em mais de metade da amostra e grande parte das situações deve-se à ausência de ralo de pinha.

5.4 Validação da matriz de correlação

De acordo com o sistema classificativo proposto em 3.2 e 4.2, foi proposta a matriz de correlação anomalias - técnicas de reparação teórica, tendo por base a bibliografia consultada e a experiência obtida ao longo da dissertação. Com os valores obtidos pelo trabalho de campo, foi efetuada uma comparação entre os valores registados pelas inspeções e os valores sugeridos na matriz teórica. Esta análise permitiu a calibração dos valores sugeridos previamente ao plano de inspeções e garantir um acréscimo da fiabilidade da matriz.

Para efetuar a calibração do sistema, foi elaborado um quadro de dupla entrada, Quadro 5.2, em que se apresenta na linha superior o grau de correlação teórico da técnica de reabilitação com a anomalia (0 - não existente, 1 - pequena relação ou 2 - grande relação), e na linha imediatamente sob esta, a percentagem de casos na amostra em que determinada técnica foi associada à anomalia em causa. De forma a visualizar o acerto entre a previsão teórica e o resultado da amostra, agrupou-se os resultados por cores representativas do grau de ajustamento (Silvestre, 2005; Palha, 2008; Lopes, 2009).

Quadro 5.2 - Comparação entre as matrizes de correlação teórica e com base na amostra recolhida entre as anomalias e as técnicas de reabilitação (Silvestre, 2005; Palha 2008; Lopes, 2009)

Matriz correlação anomalias - técnicas de reabilitação											
A / R	R.1	R.2	R.3	R.4	R.5	R.6	R.7	R.8	R.9	R.10	R.11
A-G1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A-G1*	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	0%	0%	0%	0%
A-G2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-G2*	0%	91%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
A-G3	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A-G3*	0%	95%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	0%
A-G4	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A-G4*	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
A-G5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-G5*	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
A-G6	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0
A-G6*	0%	90%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%
A-G7	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0
A-G7*	0%	58%	54%	0%	35%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
A-G8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-G8*	99%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
A-G9	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
A-G9*	0%	50%	17%	4%	4%	96%	0%	0%	0%	0%	0%
A-G10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-G10*	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
A-G11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
A-G11*	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
A-G12	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0
A-G12*	0%	60%	35%	0%	35%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
A-S1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
A-S1*	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
A-S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
A-S2*	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
A-S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
A-S3*	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
A-S4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
A-S4*	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
A-S5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-S5*	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
A-S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
A-S6*	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
A-S7	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
A-S7*	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
A-S8	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
A-S8*	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%

* - frequência das técnicas de reabilitação perante as anomalias verificadas no plano de Inspeções realizado

	2 < 17%; 0 > 33%
	17% ≤ 2 < 33%; 1 > 50% ou < 17%; 17% < 0 ≤ 33%
	2 ≥ 33%; 17% ≤ 1 ≤ 50%; 0 ≤ 17%

Na presença da anomalia A-G1 (desgaste superficial), seria de esperar que a técnica R.2 (aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização) fosse secundária na resolução da patologia, mas, ao contrário dos resultados obtidos pelo plano de inspeções, verificou-se, em 94% dos casos, esta técnica foi considerada como resolução direta pelo que o código de correlação passará de 1 para 2. Embora os valores obtidos pela técnica de reabilitação R.7 (criação de caminhos de circulação) sejam ligeiramente inferiores aos esperados, o código de correlação 1 será mantido no sistema classificativo pela sua especificidade e importância na prevenção desta anomalia em situações futuras.

Embora a técnica de reabilitação R.9 (reparação de remates e elementos de proteção associados) tenha sido associada à anomalia A-G3 (descolamento / arrancamento) como técnica secundária, esta apenas registou uma frequência de 6% dos casos. Ainda assim, considera-se importante manter o valor de correlação de 1.

Ao contrário da anomalia anterior, a anomalia A-G4 (formação de pregas / empolamentos) não registou nenhum caso em que se utiliza a técnica de reabilitação R.9 como técnica secundária, pois todas as anomalias identificadas na amostra podem ser reparadas por aplicação da técnica R.2. Assim sendo, o código de correlação entre A-G4 e R.9 foi alterado de 1 para 0.

Associada à anomalia A-G6 (perfuração), está a técnica de reabilitação R.3 (aplicação / reparação / substituição do isolamento térmico) que, embora não tenha sido registada como técnica secundária nas coberturas inspecionadas, registou uma frequência de 10% dos casos como técnica principal. Apesar de não ter sido registada uma frequência superior da correlação entre a anomalia e a técnica de reabilitação, considera-se que deverá ser alterado o código da matriz de 1 para 2 pois poderá solucionar alguns casos pontuais. Na mesma anomalia A-G6, foi considerada na matriz teórica, como técnica de reabilitação secundária, a técnica R.7 (criação de caminhos de circulação) que, apesar de esta ter uma percentagem reduzida na aplicação na amostra recolhida, se considera essencial em certos casos como técnica preventiva, o que leva a manter no sistema o código 1.

A técnica de reabilitação R.4 (aplicação / reparação / substituição da camada de dessolidarização) revelou-se como sem qualquer aplicação para a anomalia A-G7 (ausência / posicionamento inadequado da camada) no trabalho de campo realizado. Contudo, o sistema classificativo será mantido, pela sua especificidade e importância na reparação das situações descritas.

A correlação entre a técnica de reabilitação R.2 (aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização) e as anomalias A-G7 e A-G9 (deficiências de inclinação / empoçamento) não foi inicialmente prevista na matriz teórica. Porém, com as coberturas inspecionadas e com a experiência adquirida durante o trabalho de campo, conclui-se que a utilização da técnica R.2, em certos casos, é necessária para complementar os trabalhos de reparação como no caso das anomalias A-G7 e A-G9. Assim sendo, os valores da matriz de correlação em ambos os casos serão substituídos de 0 para 2.

A adoção da técnica R.2 como resolução da anomalia A-G11 (corrosão) constitui-se como uma surpresa no decorrer do trabalho de campo, dado que, à partida, não existia conhecimento da correlação entre ambos, pelo que o código de correlação será alterado de 0 para 2. O facto de não ter sido registada na amostra a adoção da técnica R.10 (aplicação / reparação / substituição de sistema de drenagem) na anomalia A-G11, considera-se que a técnica de reabilitação terá aplicação em alguns casos pontuais. Assim, o código da matriz correlação será alterado de 2 para 1.

A técnica de reparação R.5 (aplicação / reparação / substituição de barreira ao vapor) revelou-se com relativa aplicação. Assim, será trocado o código da matriz correlação de 1 para 2 dada a frequência verificada.

No Quadro 5.3, é apresentada a matriz de correlação anomalias - técnicas de reabilitação corrigida, com as correções indicadas a amarelo.

Quadro 5.3 - Matriz de correlação anomalias - técnicas de reabilitação corrigida após calibração do sistema proposto com base na amostra recolhida (Silvestre, 2005; Palha 2008; Lopes, 2009)

Matriz correlação anomalias - técnicas de reabilitação											
A / R	R.1	R.2	R.3	R.4	R.5	R.6	R.7	R.8	R.9	R.10	R.11
A-G1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A-G2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-G3	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A-G4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-G5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-G6	0	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0
A-G7	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0
A-G8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-G9	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
A-G10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-G11	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1
A-G12	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0
A-S1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
A-S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
A-S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
A-S4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
A-S5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
A-S7	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
A-S8	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0

Técnica de reabilitação corrigida
 Técnica de reabilitação validada

5.5 Tratamento estatístico dos dados recolhidos

Para além da validação do sistema proposto, a matriz de correlação anomalias - técnicas de reabilitação, a campanha de inspeções realizada contribuiu para a realização de um tratamento estatístico das características observadas nas coberturas em terraço inspecionadas.

5.5.1 Caracterização geral das coberturas

O plano de inspeções efetuado é constituído por amostras do edificado do Exército, da Força Aérea, da Guarda Nacional Republicana (GNR) e por coberturas de edifícios civis, designadas na Figura 5.2 por outros, dentro das quais se inserem as coberturas das infraestruturas do Instituto Superior Técnico (IST). A Figura 5.2 apresenta a distribuição absoluta das inspeções pelas respetivas instituições.

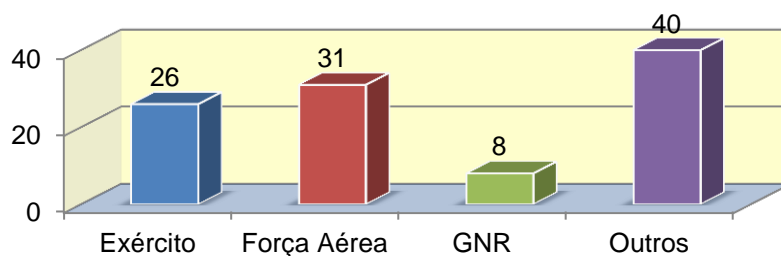


Figura 5.2 - Distribuição absoluta das 105 inspeções pelas respetivas instituições

Quanto à localização das coberturas inspecionadas, estas encontram-se situadas na sua maioria no distrito de Lisboa, cerca de 85%. As restantes inspeções foram realizadas em coberturas no distrito de Santarém 8% e no distrito de Braga 5%. Em relação ao ambiente circundante dos edifícios, predomina o ambiente urbano. A restante amostra encontra-se em ambiente rural. A Figura 5.3 indica a distribuição da amostra pelas respetivas envolventes.

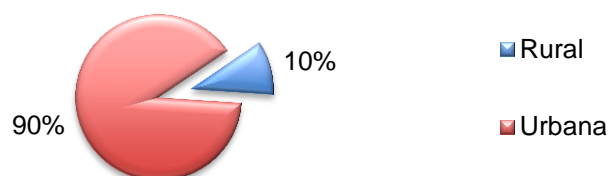


Figura 5.3 - Distribuição relativa do tipo de envolvente dos edifícios inspecionados

A tipologia da utilização dos edifícios inspecionados é, maioritariamente, de serviços, dos quais algumas amostras realizadas se referem a escritórios, salas de aulas e porta de armas. A Figura 5.4 apresenta a distribuição da amostra inspecionada quanto ao tipo de utilização.

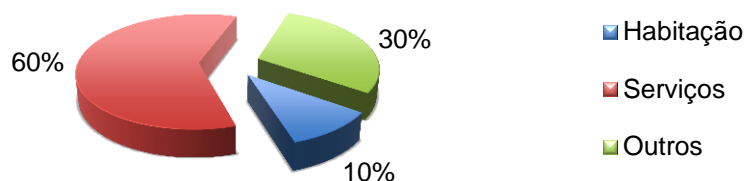


Figura 5.4 - Distribuição relativa do tipo de utilização da amostra inspecionada

As coberturas analisadas não apresentam, maioritariamente sinais de intervenções posteriores à sua construção com o intuito de reparar alguma situação anómala. A Figura 5.5 indica a relação entre coberturas com intervenções e coberturas sem intervenções após a sua construção.

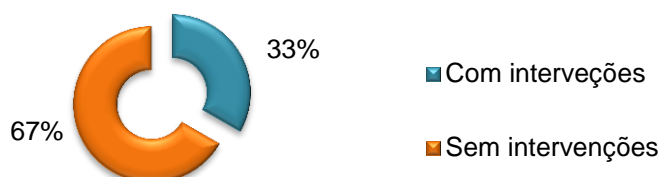


Figura 5.5 - Avaliação das coberturas face a intervenções posteriores à sua construção

O plano de inspeções abrange edifícios que vão desde as construções com 1 piso até construções com 12 pisos. A Figura 5.6 apresenta a distribuição absoluta do número de pisos das coberturas inspecionadas, da qual se destaca o número de edifícios com apenas 1 piso de construção.

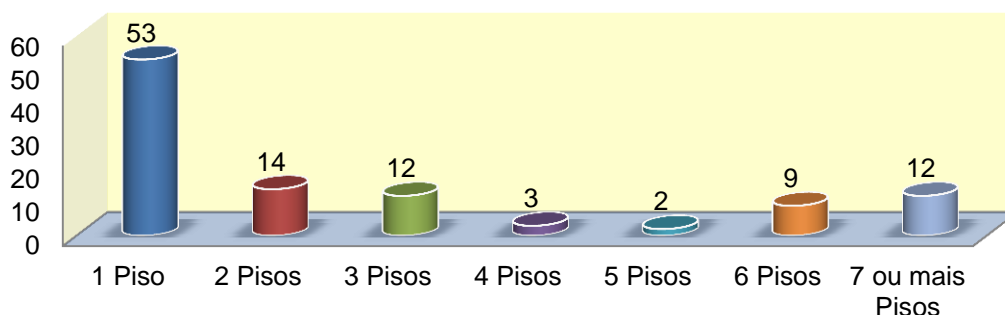


Figura 5.6 - Distribuição absoluta do número de pisos das coberturas inspecionadas

A Figura 5.7 ilustra a diversidade de dimensões das coberturas que constituem a amostra, onde grande parte desta é constituída por áreas inferiores a 150 m².

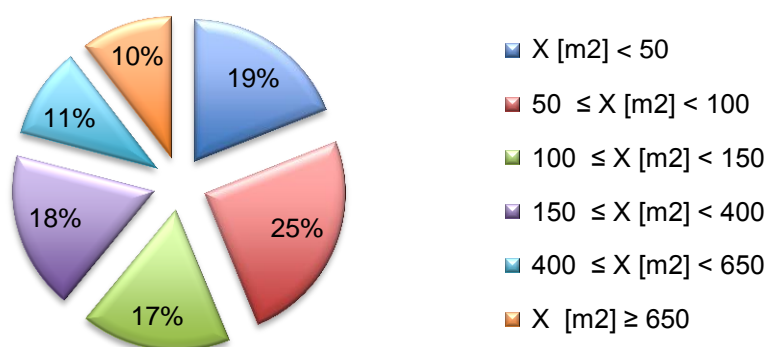


Figura 5.7 - Frequência relativa das áreas das coberturas inspecionadas

Ao nível da pendente registada no trabalho de campo, verifica-se uma predominância de coberturas com 1º e 2º de inclinação. A distribuição da amostra em função da pendente é indicada na Figura 5.8.

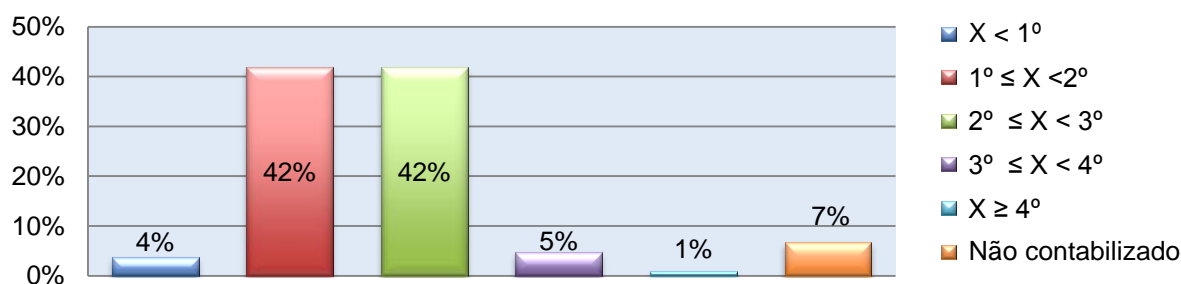


Figura 5.8 - Frequência relativa da pendente da amostra recolhida

Embora os caminhos de circulação sejam fundamentais para a maioria das coberturas, de modo a proteger os elementos subjacentes à camada de proteção, nomeadamente o revestimento de impermeabilização e o isolamento térmico, de ações mecânicas, apenas 10% das coberturas inspecionadas têm caminhos de circulação.

5.5.2 Caracterização geral dos elementos

Tendo por base a classificação da cobertura quanto ao posicionamento do revestimento de impermeabilização face ao isolamento térmico definida em 2.2.2.4, foi possível concluir que 23% da amostra corresponde a coberturas do tipo tradicional e 23% do tipo invertida. As coberturas que não integram ou em que não foi possível verificar durante a inspeção a existência de ambos os elementos referidos foram designadas de não classificadas, como ilustra a Figura 5.9.

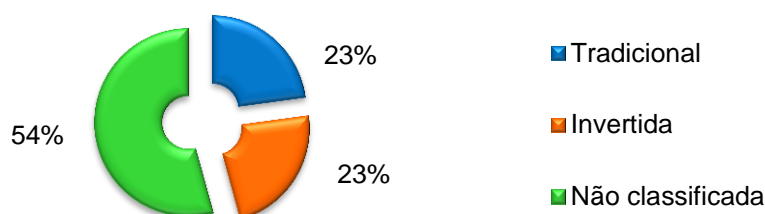


Figura 5.9 - Classificação da amostra quanto ao posicionamento do revestimento de impermeabilização face ao isolamento térmico

Como referido em 2.2.2.2, a cobertura em terraço pode ser classificada quanto à camada de proteção em: proteção pesada, proteção leve e cobertura sem camada de proteção. A Figura 5.10 apresenta a distribuição das coberturas inspecionadas quanto à camada de proteção, onde se conclui que mais de metade da amostra é constituída por proteção leve.

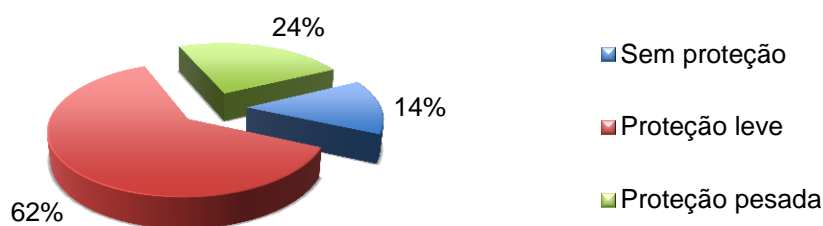


Figura 5.10 - Classificação da amostra quanto à camada de proteção da impermeabilização

Ao nível do material utilizado como revestimento de impermeabilização, a membrana betuminosa é o material predominante no plano de inspeções efetuado, com um total de 82% da amostra. As membranas em PVC e as membranas líquidas completam os revestimentos inspecionados, como mostra a Figura 5.11.

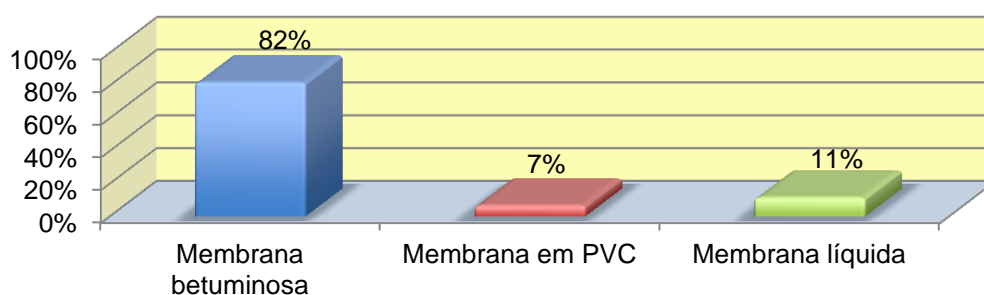


Figura 5.11 - Avaliação relativa do tipo de impermeabilização na amostra recolhida

Com base na identificação dos materiais aplicados como isolamento térmico das coberturas planas em 2.3.4, constata-se que das coberturas analisadas no trabalho de campo em que foi possível identificar o isolamento, são maioritariamente em isolamento sintético, 22% casos. As coberturas inspecionadas que não providenciavam isolamento ou que não permitiam a sua identificação foram designadas de não classificadas. A Figura 5.12 ilustra a frequência relativa do tipo de isolamento térmico que constitui a amostra recolhida.

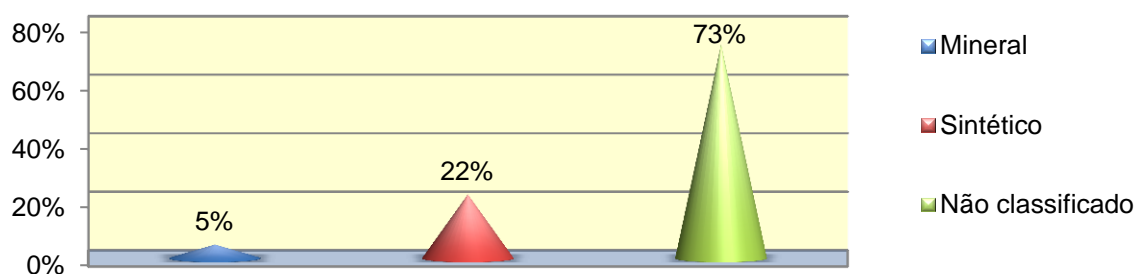


Figura 5.12 - Frequência relativa do tipo de isolamento térmico na amostra recolhida

As coberturas que apresentam fixações mecânicas correspondem a 14% como ilustra a Figura 5.13. As fixações observadas na amostra encontram-se na zona corrente a fixar os elementos constituintes da cobertura mas também em platibandas para fixar os elementos de capeamento.

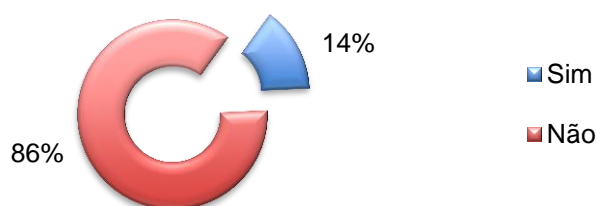


Figura 5.13 - Classificação da amostra quanto à existência de fixações mecânicas

5.5.3 Frequência observada de anomalias

A Figura 5.14 indica a frequência relativa de cada anomalia nas 105 coberturas inspecionadas. No total são 608 as anomalias identificadas, sendo que as anomalias A-G8 (acumulação de detritos), A-G10 (colonização biológica) e A-G1 (desgaste superficial) são as mais registadas, em mais de metade da amostra. A predominância da anomalia A-G10 era de esperar, dada a proliferação bastante rápida destes seres parasitas nos revestimentos das coberturas. Relativamente às anomalias A-G8 e A-G10, a sua predominância deve-se principalmente à ausência de um plano de manutenção. Por sua vez, as anomalias A-S3 (conceção inadequada de tubos ladrão) e A-S6 (fixações deficientes) mostraram-se menos comuns.

Na Figura 5.15 constata-se que a maioria das anomalias registadas é de carácter geral. As anomalias classificadas de carácter geral podem ser observadas tanto em zona corrente da cobertura como em pontos singulares, ao contrário das anomalias classificadas em pontos singulares que apenas ocorrem em pontos singulares.

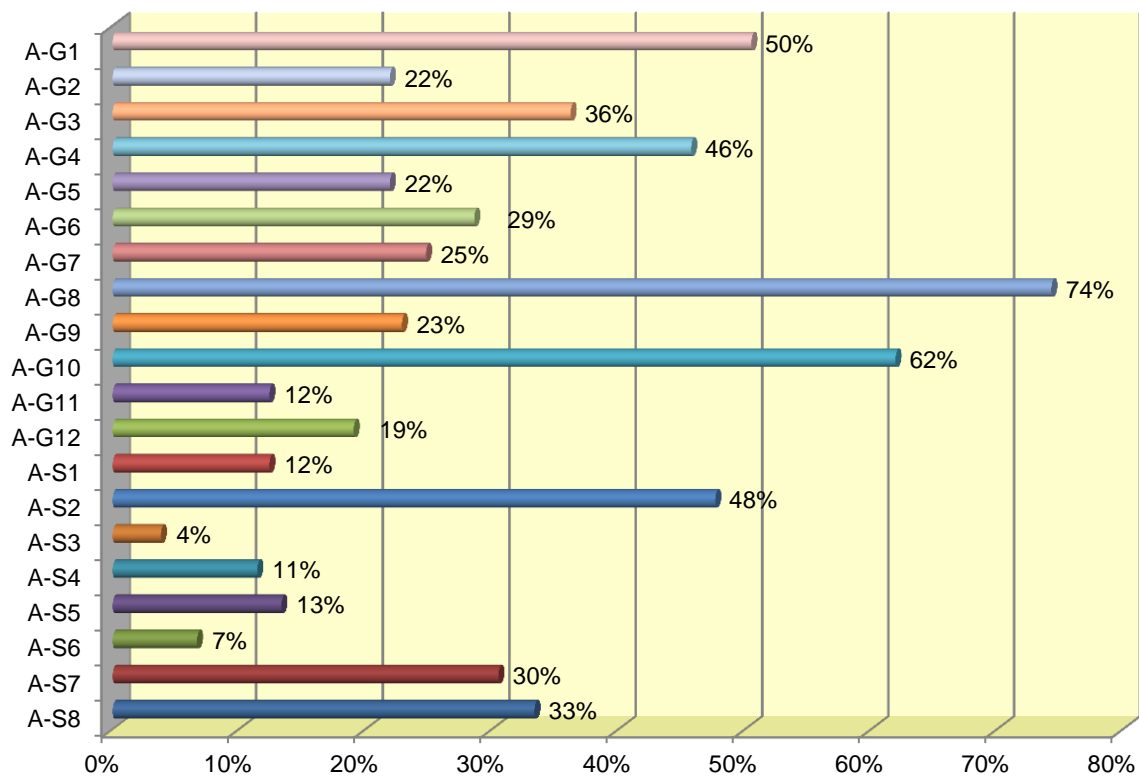


Figura 5.14 - Frequência relativa de ocorrências de cada anomalia nas 105 coberturas inspecionadas

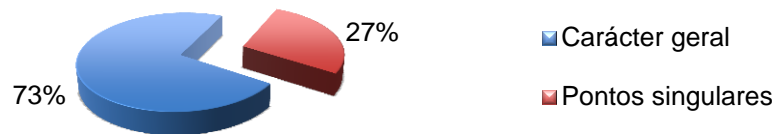


Figura 5.15 - Frequência relativa das anomalias por zona afetada na cobertura

Através dos dados recolhidos e expostos na Figura 5.16, verifica-se que a origem das situações anómalas nas coberturas inspecionadas corresponde a erros de execução (36%). Este resultado revela que mais de um quarto da amostra estava debilitada logo após a sua conclusão, comprometendo o correto funcionamento do sistema e reduzindo a durabilidade dos seus materiais.

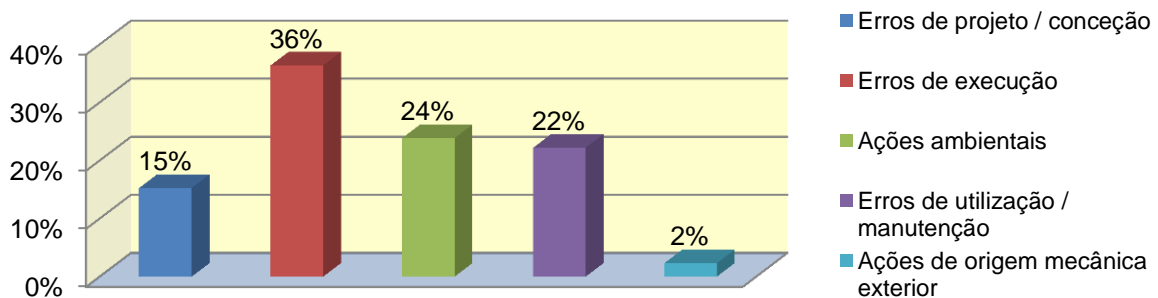


Figura 5.16 - Frequência relativa de cada anomalia observada, agrupada segundo o sistema classificativo de Conceição (2015)

O facto de grande parte das situações anómalas identificadas ter como causa erros de projeto / conceção e erros de execução demonstra a importância de existir um projeto de cobertura neste tipo de trabalhos, com o intuito de aumentar a durabilidade do sistema. A falta de um plano de inspeções ou a má utilização das coberturas têm também um impacte relevante nas anomalias registadas, com cerca de 22% dos casos.

A Figura 5.17 apresenta a distribuição das anomalias consoante o tipo de revestimento de impermeabilização utilizado pela amostra.

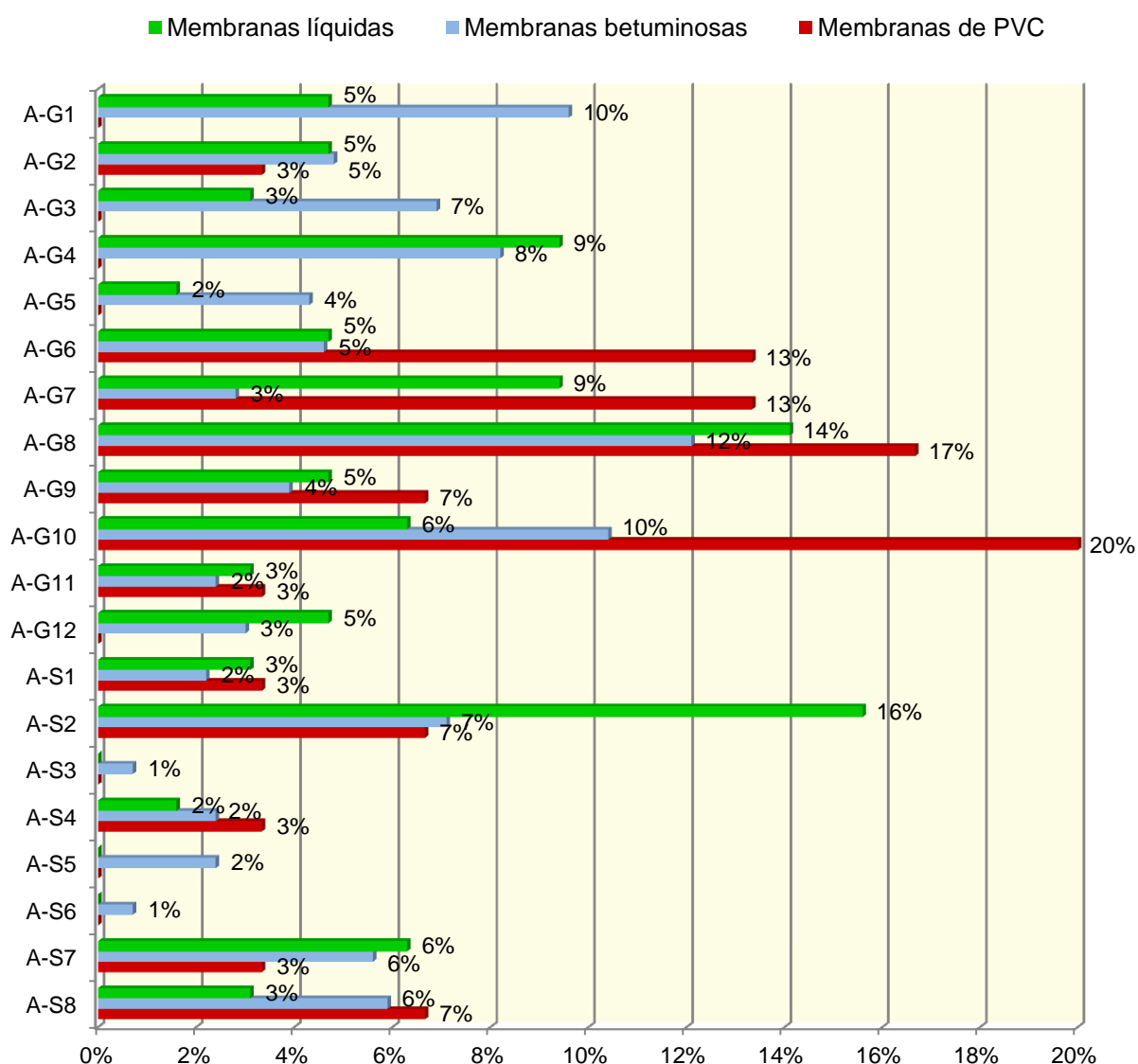


Figura 5.17 - Frequência relativa das anomalias observadas nos três tipos de revestimentos de impermeabilização inspecionados

Na anomalia A-G1, a membrana betuminosa é dos revestimentos aquele que apresenta uma maior frequência. Este resultado ocorre principalmente por este material poder ser utilizado não só com proteção pesada mas também com proteção leve e, sendo o desgaste bastante superior no tipo de proteção leve, tal conduz a um maior registo da anomalia A-G1 em membranas betuminosas. Ainda relativamente à anomalia A-G1, não foi observada qualquer situação anómala para o material em

PVC, o que se deve ao facto de as coberturas identificadas com este revestimento serem todas constituídas com proteção pesada.

Das anomalias registadas como de carácter geral, as membranas em PVC não apresentam qualquer registo do tipo A-G1, A-G3, A-G4, A-G5 e A-G12. Esta ausência deve-se principalmente ao facto de este revestimento de impermeabilização ser acompanhado de uma proteção pesada, o que o torna mais durável e sem problemas. As principais anomalias detetadas neste revestimento são sobretudo devidas à falta de manutenção e inspeção da cobertura, resultando em anomalias do tipo A-G8 e A-G10.

A anomalia A-G10 (colonização biológica) registada nas membranas em PVC é a mais frequente em todos os revestimentos de impermeabilização. Esta situação é justificável pela permanência prolongada de humidade entre a camada de proteção e o revestimento de impermeabilização, criando um ambiente favorável para o desenvolvimento de vegetação. Esta justificação é também fundamentada pelo registo da anomalia A-G9 (deficiências de inclinação / empoçamento) em que por sinal o revestimento em PVC apresenta também uma maior frequência do que os restantes materiais (Figura 5.17).

A predominância da anomalia A-G7 (ausência / posicionamento inadequado de camada) nas membranas de PVC em relação aos restantes materiais deve-se principalmente ao facto de as coberturas inspecionadas não apresentarem uma camada de dessolidarização entre o revestimento de impermeabilização e a proteção pesada.

Da análise da Figura 5.17, pode-se constatar que a membrana em PVC é o material que apresenta uma maior frequência da anomalia A-G6 (perfuração), situação que poderá ser justificada pelo facto de o sistema ser formado apenas por uma membrana armada muitas vezes com rede de fibra de fibra de vidro.

O registo da anomalia A-G3 (descolamento / arrancamento) e a anomalia A-G4 (formação de pregas / empolamento) apenas nas membranas líquidas e membranas betuminosas deve-se à falta de qualidade de mão-de-obra nomeadamente na preparação da superfície, o que resulta neste tipo de anomalias.

Na Figura 5.17, pode-se verificar que a membrana betuminosa é o material que apresenta mais casos de fissuração (A-G6), situação que poderá ser justificada pela cor escura do material que por si só tem uma maior capacidade de absorver energia sob a forma de calor em relação a outro material de cor clara que tem uma maior capacidade de refletir o calor.

É importante referir ainda que a membrana líquida é o revestimento que apresenta menos situações anómalas de remates deficiente (A-S8), situação que pode ser justificada pela facilidade do sistema em aderir a qualquer tipo de material e ser aplicado em qualquer tipo de geometria de determinada superfície.

Da análise da Figura 5.17 pode-se constatar que os revestimentos que apresentam uma menor frequência de anomalias do tipo A-G10 são os mesmos que apresentam uma menor frequência de anomalias do tipo A-S8. Estes dados permitem concluir que a execução correta dos remates previne o aparecimento precoce de anomalias do tipo A-G10.

As diferentes anomalias observadas nas inspeções a coberturas com revestimento em membranas betuminosas em função dos diferentes tipos de proteção encontram-se apresentadas sob a forma de frequência relativa na Figura 5.18.

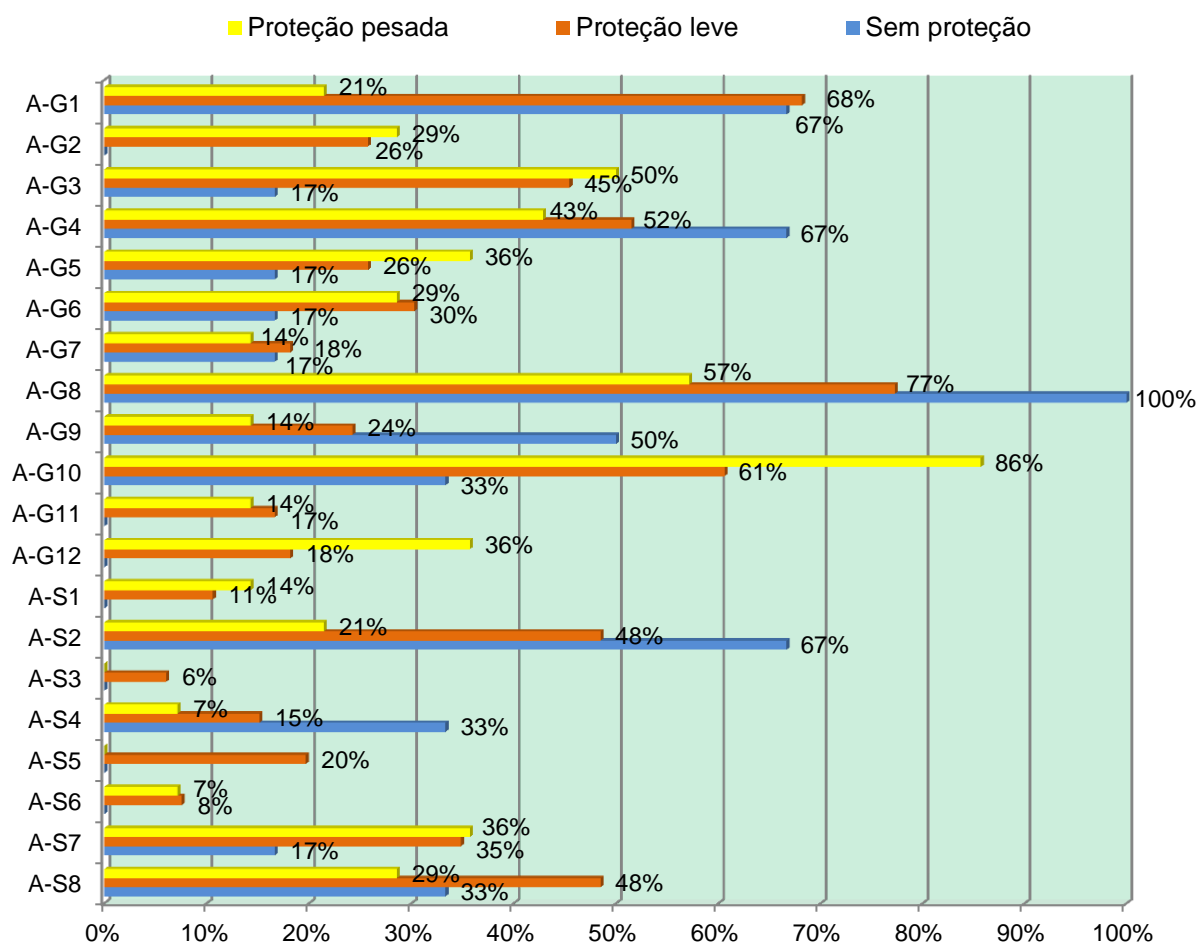


Figura 5.18 - Frequência relativa das anomalias registradas nos diferentes tipos de proteção em membranas betuminosas

Como seria de esperar, as membranas sem proteção e com proteção leve apresentam uma maior frequência na anomalia A-G1 (desgaste superficial) em relação à proteção pesada. O que não seria de esperar era que as membranas de proteção leve tivessem uma frequência semelhante às membranas sem proteção, o que poderá estar relacionado com a idade das membranas betuminosas com proteção leve inspecionadas.

Os resultados da anomalia A-G4 registada nos diferentes materiais de proteção são expectáveis, uma vez a membrana sem proteção se encontra mais exposta à radiação solar e aos efeitos de variação de temperatura do que a membrana com proteção leve, e ainda mais em relação à proteção pesada.

Das inspeções efetuadas, é possível verificar uma maior frequência da anomalia A-G10 (colonização biológica) nas membranas com proteção pesada. O registo dá-se principalmente por este tipo de proteção armazenar alguma humidade entre a proteção e a membrana, o que cria condições favoráveis para o desenvolvimento de vegetação.

Da análise da Figura 5.19, pode-se concluir que existe um maior número de casos com situação anómala do tipo A-G5 (fissuração) e A-G6 (perfuração) nas coberturas onde não ocorreram intervenções após a sua construção. O resultado da anomalia A-G10 (colonização biológica) é previsível, face à falta de um plano de manutenção às coberturas inspecionadas, tendo-se registado uma maior frequência em coberturas sem intervenção comparativamente às coberturas com intervenção.

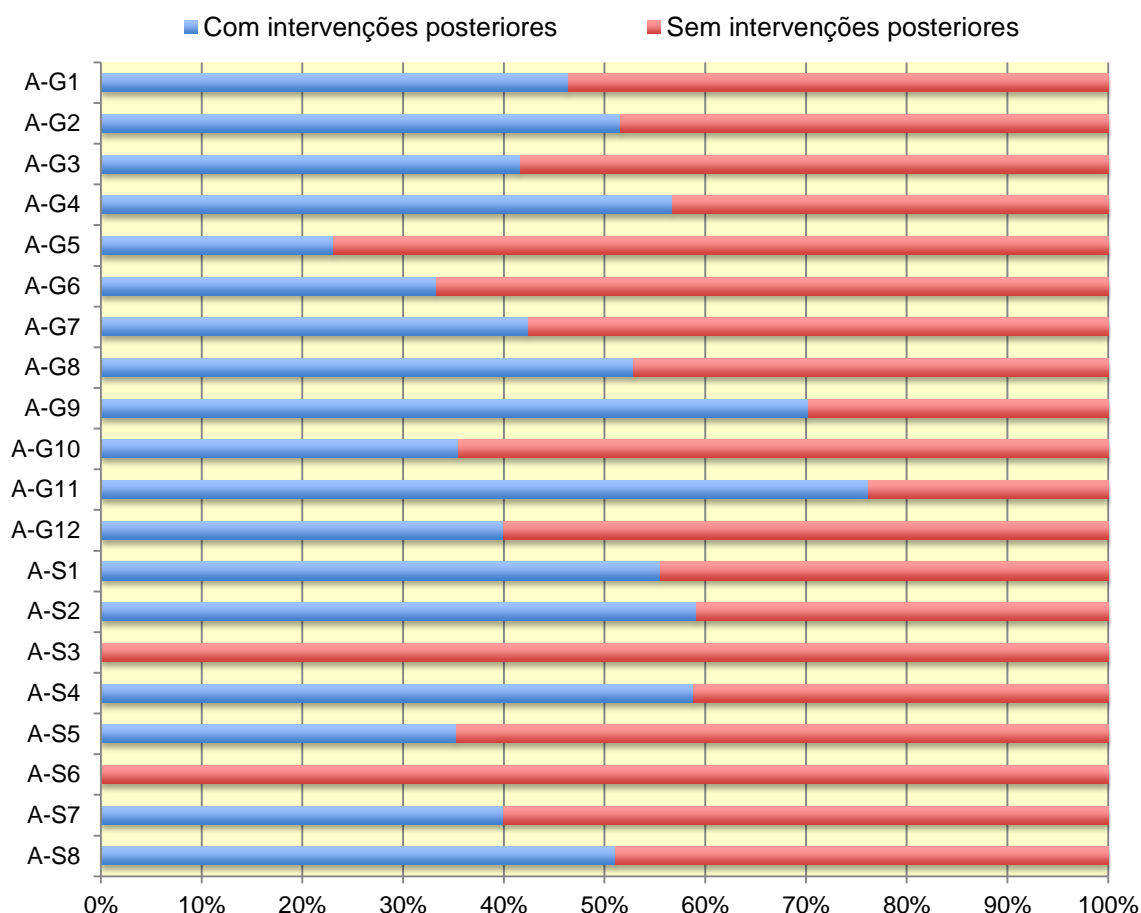


Figura 5.19 - Frequência relativa das anomalias consoante intervenções posteriores à construção da cobertura

Na Figura 5.20 apresenta-se a distribuição da anomalia A-G1 (desgaste superficial) pelas coberturas inspecionadas em função da existência ou ausência de caminhos de circulação. Em suma, as coberturas que dispõem de caminhos de circulação apresentam menos situações anómalas do tipo A-G1 do que as coberturas que não têm caminhos de circulação.

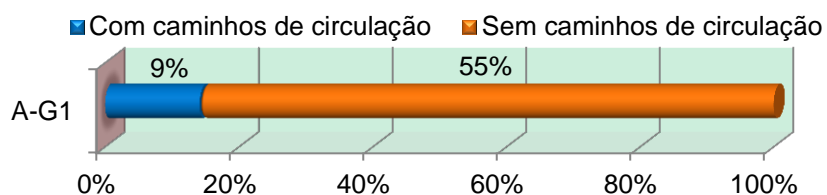


Figura 5.20 - Avaliação da relação entre anomalia A-G1 e a existência de caminhos de circulação na amostra

5.5.4 Caracterização das anomalias

A Figura 5.21 indica a percentagem de área afetada nas coberturas inspecionadas. É visível que a maioria das anomalias registadas no trabalho de campo é localizada, à exceção da anomalia A-G8 (acumulação de detritos) que em mais de metade dos casos registados corresponde a uma área de 3% a 40% da cobertura e da anomalia A-G12 (manchas de humidade e condensações / infiltração) que toma valores entre 3 e 20%.

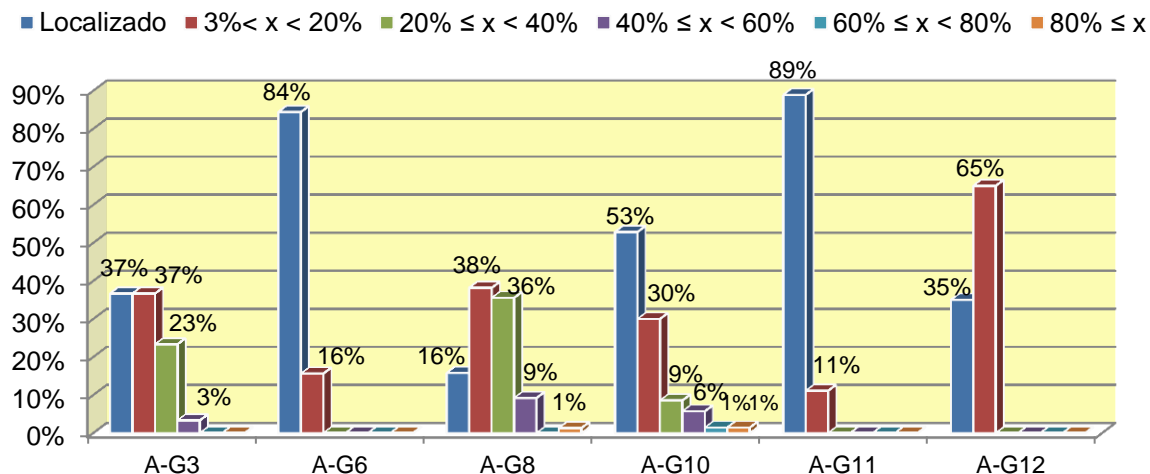


Figura 5.21 - Percentagem de área afetada

A Figura 5.22 indica o nível de degradação das anomalias observadas, em que o valor designado de alto é considerado o mais grave ao contrário do valor designado de baixo. Verifica-se que as anomalias A-G2 (fratura / rotura), A-G6 (perfuração) e A-G11 (corrosão) são as que apresentam um aspeto menos grave ao contrário da anomalia A-G12 (manchas de humidade de condensação / infiltração) que é a que apresenta um aspeto mais gravoso.

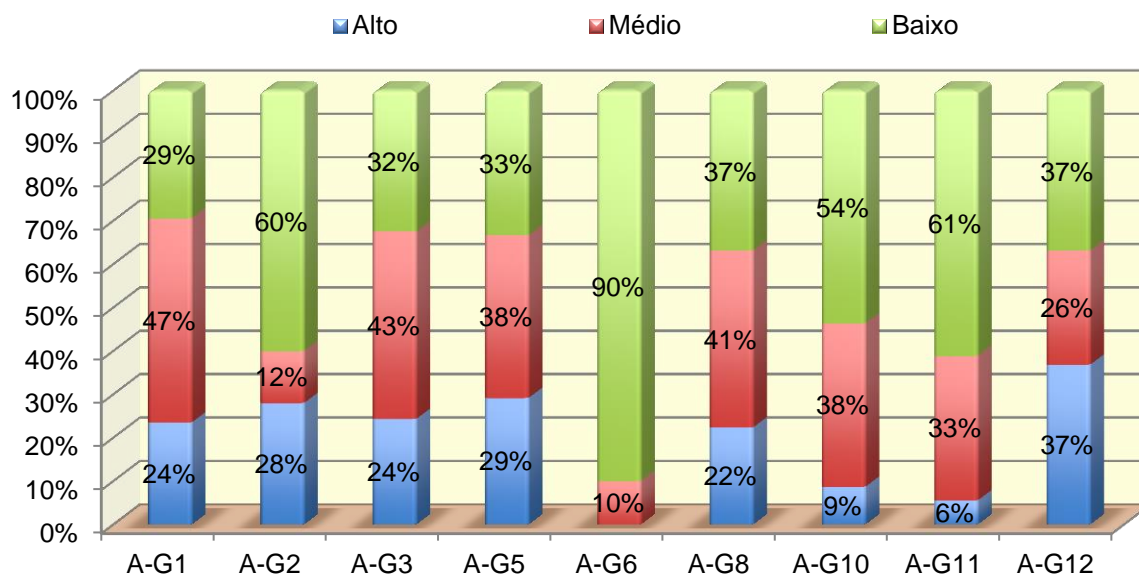


Figura 5.22 - Nível de degradação das áreas afetadas

Das 65 coberturas que foram identificadas com a colonização biológica (A-G10), 27 podem ter problemas no sistema de impermeabilização a curto ou médio prazo. De igual modo, das 13 coberturas identificadas com a anomalia A-G11, 39% podem vir a ter problemas no revestimento de impermeabilização, como ilustram as Figuras 5.23 e 5.24. Estes dados demonstram a necessidade de existir uma rotina nas inspeções às coberturas, pois na ausência destas a durabilidade dos elementos diminui, a funcionalidade do sistema fica comprometida e o custo de reparação será maior quanto mais tarde for a inspeção e a reparação.

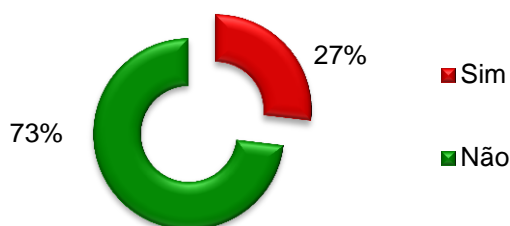


Figura 5.23 - A anomalia A-G10 pode no curto / médio prazo vir a afetar o estado do revestimento de impermeabilização

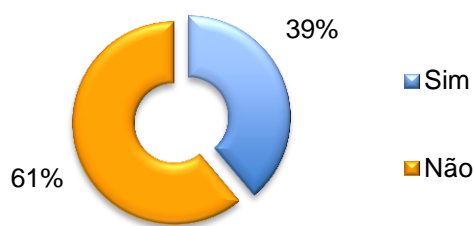


Figura 5.24 - A anomalia A-G11 pode no curto / médio prazo vir a afetar o estado do revestimento de impermeabilização

Do trabalho de campo efetuado às 105 coberturas, nas quais foram detetadas situações anómalas no revestimento de impermeabilização, nomeadamente 53 coberturas com desgaste superficial (A-G1) e 23 coberturas com fratura / rotura (A-G2), verifica-se que aproximadamente um quarto das anomalias ocorre devido à escolha inadequada dos materiais, como indicam as Figuras 5.28 e 5.26. Grande parte destas patologias poderia ser evitada se existisse um projeto de cobertura e se a mão-de-obra fosse qualificada.

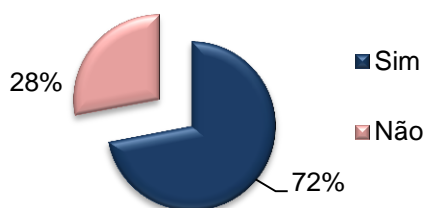


Figura 5.25 - Análise da anomalia A-G1 perante o uso de materiais adequados

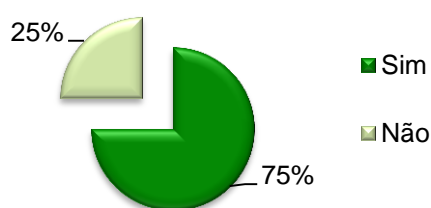


Figura 5.26 - Análise da anomalia A-G2 perante o uso de materiais adequados

Do plano de inspeções, registou-se a ocorrência de 50 coberturas com a anomalia A-S2 (inexistência / conceção inadequada de tubos de queda), das quais 90% correspondem à ausência de ralos nas embocaduras dos tubos de queda, com ilustra a Figura 5.27. Trata-se de um acessório essencial numa cobertura para prevenir problemas de entupimentos no sistema de drenagem.

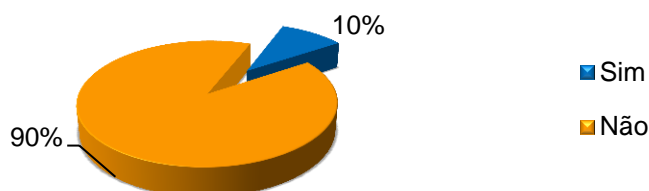


Figura 5.27 - Avaliação da anomalia A-S2 quanto à existência de ralo

Das 14 coberturas em que foram identificadas a anomalia A-S5 (inexistência / conceção inadequada das juntas de sobreposição), mais de metade apresentava uma largura insuficiente da junta de sobreposição, o que justifica a falta de qualidade de mão-de-obra na execução dos sistemas de impermeabilização, como apresenta a Figura 5.28.

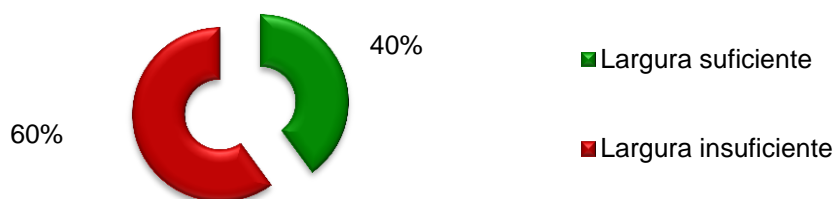


Figura 5.28 - Avaliação da anomalia A-S5 quanto à largura suficiente da junta de sobreposição

5.5.5 Frequência observada de técnicas de reabilitação

Constata-se, através dos dados recolhidos e apresentados na Figura 5.29, que as técnicas R.1 (limpeza do revestimento exterior da cobertura) e a R.2 (aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização) são as mais frequentes para colmatar as anomalias identificadas no plano de inspeção, estando presentes em quase todas as coberturas.

As anomalias relacionadas com a colonização biológica (A-G10) e com a acumulação de detritos (A-G8) foram resolvidas com recurso à técnica R.1, pela sua rapidez e simplicidade de execução, e pelo baixo custo em corrigir a situação anómala. Os resultados obtidos sobre esta técnica eram previsíveis, dada a ausência de uma rotina de manutenção das coberturas inspecionadas, juntamente com a rápida proliferação da vegetação, em 62% da amostra, e a acumulação de detritos, em 70% da amostra.

A elevada frequência da técnica R.2 deve-se sobretudo aos vários tipos de anomalias registados no revestimento de impermeabilização. A adoção desta técnica não significa que a cobertura apresente problemas de estanqueidade, mas sim que o revestimento de impermeabilização não se encontra em perfeitas condições, comprometendo o seu correto funcionamento e a durabilidade dos materiais.

O capeamento deficiente (A-S7) e os remates deficientes (A-S8) foram reabilitados com recurso à técnica R.9 (reparação de remates e elementos de proteção associados), que corresponde à terceira técnica de reabilitação mais utilizada, aplicada em mais de metade das coberturas.

Também a técnica R.10 (aplicação / reparação / substituição do sistema de drenagem) apresenta aplicação em 53% dos casos analisados. Esta técnica tem como finalidade promover o correto funcionamento do sistema de drenagem através de trabalhos de reabilitação junto à embocadura dos tubos de queda, nos tubos de queda, nos tubos ladrão e nas caleiras.

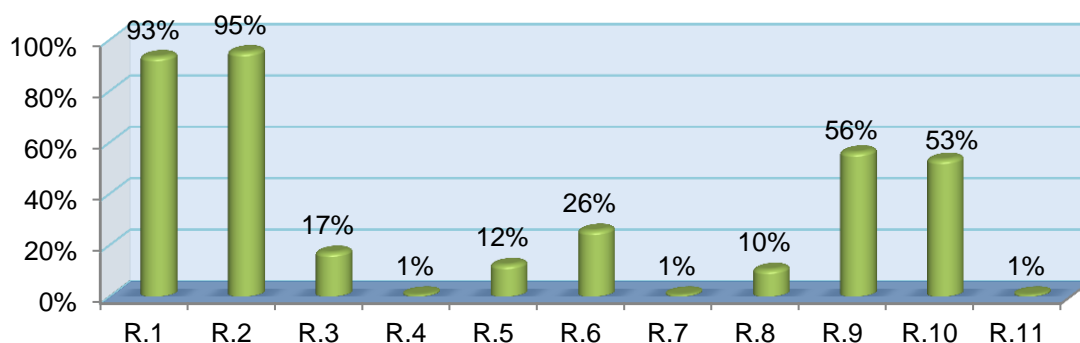


Figura 5.29 - Frequência relativa das técnicas de reabilitação

A Figura 5.30 indica a frequência relativa das técnicas de reabilitação adotadas em função dos diferentes materiais utilizados como revestimento de impermeabilização.

Após a análise anterior na Figura 5.17, onde se concluiu que as membranas líquidas apresentam situações anómalas inferiores aos restantes revestimentos de impermeabilização, pode-se concluir que também as técnicas R.1 (limpeza do revestimento exterior da cobertura em terraço) e R.9 apresentam uma menor frequência em relação aos restantes materiais.

De acordo com os resultados obtidos pelo trabalho de campo, pode-se constatar que as membranas em PVC são os revestimentos que necessitam de uma menor intervenção do tipo R.2 (aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização), ou seja, trata-se de um sistema que apresenta uma maior durabilidade. Mesmo assim, não será possível afirmar que o revestimento em PVC é mais durável do que os restantes materiais, pois a amostra inspecionada com membranas em PVC é composta por proteção pesada, o que permite uma maior proteção do revestimento.

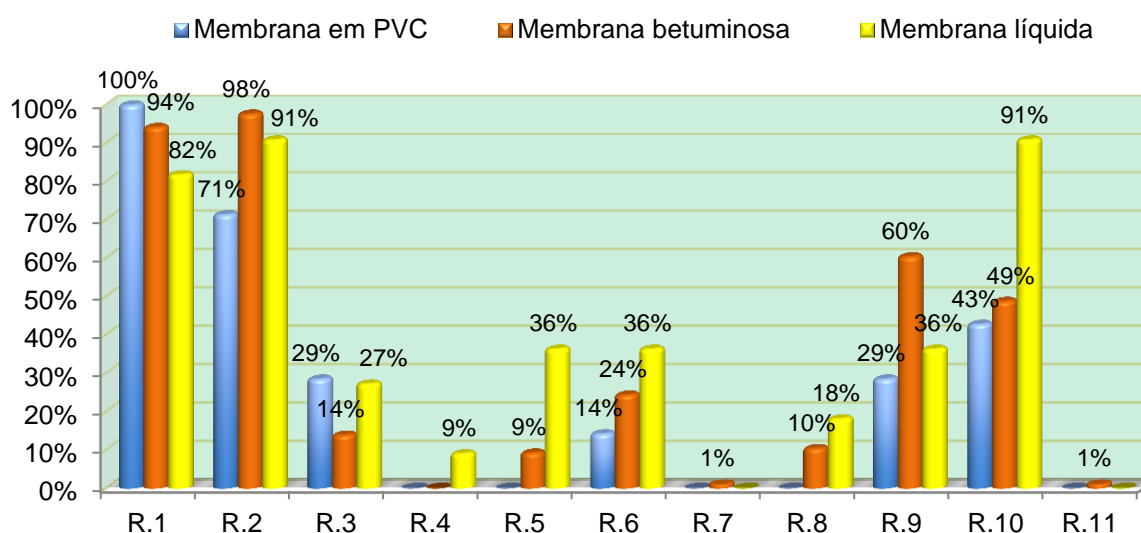


Figura 5.30 - Frequência relativa das técnicas de reabilitação preconizadas nos diferentes materiais de impermeabilização

Perante a observação da Figura 5.31, pode-se verificar que o uso de proteção no revestimento de impermeabilização, neste caso em membranas betuminosas, permite aumentar a durabilidade do revestimento. A adoção da técnica R.2 em membranas com proteção pesada é ligeiramente inferior à correspondente a membranas com proteção leve e sem proteção. As coberturas com revestimento betuminoso sem proteção apresentam maior necessidade de aplicação da técnica R.2. Estes resultados resultam da exposição da membrana às variações de temperatura, à radiação ultravioleta e ações mecânicas.

Quanto à utilização da técnica R.9 (reparação de remates e elementos de proteção associados), as membranas com proteção pesada apresentam uma menor necessidade de intervenção do que as restantes membranas. Os valores superiores da membrana com proteção leve em relação à membrana sem proteção são um resultado inesperado, que pode estar relacionado com o baixo número de amostras com membranas sem proteção.

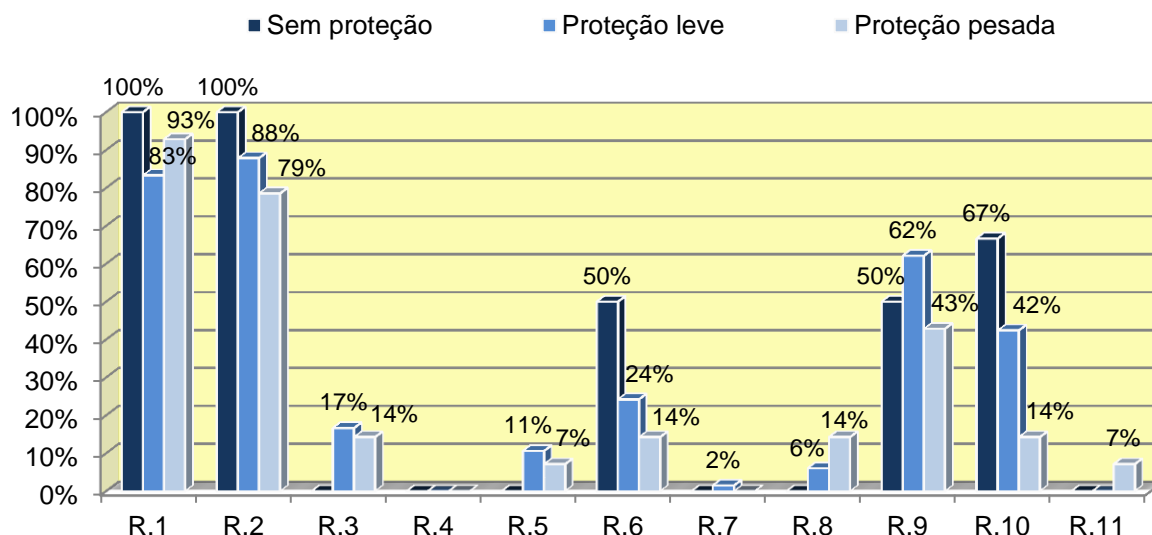


Figura 5.31 - Frequência relativa das técnicas de reabilitação preconizadas nos diferentes tipos de proteção em membranas betuminosas

5.6 Conclusões do capítulo

Neste capítulo foi calibrada e validada a matriz de correlação anomalias - técnicas de reabilitação, com base num plano de inspeções a 105 coberturas. Para além da validação do sistema, foi também realizado um tratamento estatístico dos dados recolhidos sobre a amostra onde foi possível retirar conclusões sobre a frequência das anomalias perante os diferentes tipos de coberturas, bem como sobre as técnicas de reabilitação mais apropriadas para colmatar a situação anómala.

Das 105 coberturas inspecionadas, foram registadas 608 anomalias, das quais 73% são de carácter geral e as restantes foram registadas em pontos singulares. As inspeções foram apoiadas em “*fichas-tipo*”, nomeadamente a ficha de inspeção e a ficha de validação, um inclinómetro para medir a pendente da cobertura e uma máquina fotográfica para auxiliar no registo e identificação das anomalias.

As anomalias A-G8 (acumulação de detritos), A-G10 (colonização biológica) e A-G1 (desgaste superficial) foram as com maior registo na amostra, com um registo superior a 50%. Já as anomalias menos comuns foram a A-S3 (inexistência / conceção inadequada de tubos ladrão) e a A-S6 (inexistência / conceção inadequada de fixações).

Para a amostra em estudo, foram propostas 385 técnicas de reparação. As técnicas mais utilizadas na amostra foram a R.1 (limpeza do revestimento exterior da cobertura em terraço) e a R.2 (aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização). A técnica R.4 (aplicação / reparação / substituição da camada de dessolidarização), a R.7 (criação de caminhos de circulação) e a R.11 (aplicação / substituição de fixações em elementos) foram as com menor utilização na amostra. A sua baixa utilização em relação às restantes técnicas deve-se sobretudo à sua especificidade e não por serem inadequadas face às anomalias que possam ocorrer nas coberturas planas.

6 Conclusões

6.1 Considerações finais

A utilização de coberturas planas no edificado em Portugal tem vindo a crescer, ao contrário das coberturas inclinadas. Entre 1981 e 1990, 4,9% da construção do edificado em Portugal foi em coberturas planas ou mistas. Mais recentemente, entre 2006 e 2011, 12,5% das coberturas do edificado foram em coberturas planas ou mistas.

A qualidade e desempenho dos materiais que constituem as coberturas em terraço só será assegurada se forem seguidos os procedimentos corretos de execução, devendo seguir-se as recomendações apresentadas pelos fabricantes dos materiais. Caso contrário as anomalias podem surgir numa fase muito precoce do ciclo de vida da cobertura, comprometendo o seu desempenho funcional. A utilização incorreta da cobertura, bem como, a ausência de uma rotina de manutenção e inspeção, são fatores que também contribuem para diminuir o período de vida dos materiais. Com o objetivo de precaver eventuais anomalias que tenham origem na conceção e execução da cobertura, é importante aumentar a especialização da mão-de-obra, bem como criar um projeto de cobertura.

A reparação de uma situação anómala na cobertura deverá ser efetuada por entidades especializadas, antecedida de uma inspeção para que as medidas corretivas a implementar sejam as mais adequadas possíveis, evitando intervenções desnecessárias e consequentemente custos globais acrescidos.

Deverá existir um plano de manutenção, com a realização de inspeções programadas de modo a acompanhar a evolução do estado de desempenho da cobertura. Com isto pretende-se evitar a utilização de medidas de reparação mais severas que consequentemente se traduzem em custos acrescidos, otimizando assim a vida útil dos materiais.

Este trabalho criou uma ferramenta de apoio à aplicação e reparação dos elementos que constituem a cobertura em terraço. A realização da presente dissertação iniciou-se com um levantamento e análise das exigências funcionais e do tipo de classificação das coberturas em terraço, e ainda o estudo das características dos materiais disponíveis no mercado. Posteriormente, face às diversas anomalias frequentes nas camadas que constituem a cobertura, apresentou-se um sistema classificativo de técnicas de reabilitação, validado com 105 inspeções, que se constitui como uma mais-valia quando é necessário intervir na cobertura. Da amostra, foram registadas 608 anomalias, das quais 73% são de carácter geral e as restantes foram registadas em pontos singulares. Para reparar as anomalias identificadas foram propostas 385 técnicas de reabilitação o que dá em média, 1,58 técnicas de reabilitação por anomalia. O tratamento estatístico realizado, com base na informação recolhida durante o plano de inspeções, apresenta um conjunto de informações que permitem tirar algumas conclusões relevantes neste campo científico.

De uma forma geral, considera-se que foram atingidos os objetivos propostos. Atualmente, não existe muita informação técnica sobre a execução, os procedimentos e rendimentos de reparação ou a periodicidades relativas à manutenção, pelo que grande parte dos dados apresentados foi obtida com base em entrevistas a empresas especializadas.

6.2 Conclusões gerais

Relativamente, às conclusões gerais retiradas da elaboração da presente dissertação, estas são apresentadas nos pontos que se seguem:

- as coberturas em terraço apresentam uma grande diversidade de soluções construtivas, todas elas viáveis desde que corretamente concebidas e executadas; a seleção do tipo de revestimento de impermeabilização e do tipo de isolamento térmico, deverá ser baseada numa análise das condições de exposição da cobertura, nomeadamente a precipitação, a intensidade do vento, a altura do edifício, os diferenciais térmicos, a radiação solar, os níveis de ruído da envolvente, o tipo de utilização da cobertura, entre outras, uma vez que estas condições têm uma influência direta no desempenho da cobertura em termos de habitabilidade, durabilidade, economia e manutenção;
- o sistema de impermeabilização da cobertura tradicional encontra-se sujeito a temperaturas bastante superiores às registadas num sistema de impermeabilização de uma cobertura invertida; dependendo da espessura do isolamento térmico, da exposição à radiação solar, da estação do ano e do tipo de proteção da cobertura, o revestimento de impermeabilização na cobertura invertida pode registar temperaturas 50% inferiores às de cobertura tradicional;
- as principais anomalias detetadas pelo plano de inspeções estão relacionadas com a acumulação de detritos (A-G8), a colonização biológica (A-G10) e o desgaste superficial (A-G1), tendo-se registado em mais de 50% dos casos. Já as anomalias menos comuns foram a inexistência / conceção inadequada de tubos ladrão (A-S3) e a inexistência / conceção inadequada de fixações (A-S6);
- o recurso a ralos nas embocaduras é uma técnica de reparação preventiva e tem como finalidade evitar a obstrução do sistema de drenagem. A anomalia A-S2 (inexistência / conceção inadequada de tubos de queda) foi observada praticamente em metade da amostra, sendo que 90% dos casos registados correspondem a coberturas com ausência de ralos;
- o betume é um dos materiais mais utilizados em Portugal como revestimento de impermeabilização nas coberturas em terraço. A sua preponderância deve-se não só às características de estanqueidade e de durabilidade, mas também por ser uma solução de origem tradicional, sobre a qual existe bastante conhecimento e experiência da sua aplicação. As metodologias interventivas mais utilizadas para a membrana betuminosa, com um registo superior a 50%, foram: a técnica R.1 (limpeza do revestimento exterior da cobertura); a técnica R.9 (reparação de remates e elementos de proteção associados); a técnica R.2 (aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização), dado o elevado registo de anomalias na membrana, como as anomalias A-G1 (desgaste superficial), A-G3 (descolamento / arrancamento) e A-G4 (formação de pregas / empolamentos);
- as metodologias interventivas mais utilizadas nas membranas em PVC foram a R.1 (limpeza do revestimento exterior da cobertura), e a R.2 (aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização), ambas com uma aplicação superior a 70% das coberturas inspecionadas. A utilização da técnica R.1 deve-se sobretudo ao registo das anomalias A-G8 (acumulação de detri-

tos) e A-G10 (colonização biológica), cada uma das quais foi observada em 20% das coberturas inspecionadas;

- as membranas líquidas, à base de resinas poliméricas, têm cada vez mais aplicação nas impermeabilização das coberturas em terraço, não só pelo seu bom desempenho às variações de temperatura, mas também pela sua fácil e rápida aplicação. A resina permite fazer a ligação a qualquer tipo de material o que a torna numa boa opção para a execução de remates. Dos três tipos de revestimentos analisados no trabalho de campo, as membranas líquidas foram as que apresentaram uma menor ocorrência de anomalias A-G10 (colonização biológica) e A-S8 (remates deficientes);
- nas coberturas com membranas betuminosas com proteção pesada, registou-se um maior número de casos de anomalias A-G10 (colonização biológica), cerca de 86%, do que naquelas com membranas que não têm proteção (33%) ou nas que têm proteção leve (61%). Este resultado já era previsível uma vez que a proteção na membrana de impermeabilização retarda a secagem, criando um ambiente propício para a proliferação da vegetação;
- as coberturas em que não dispuseram de proteção pesada, apresentaram um maior número de casos com desgaste superficial (A-G1), com valores próximos de 65%. Estes resultados demonstram a importância de selecionar o melhor tipo de proteção, pois esta protege a membrana das ações mecânicas, da radiação ultra violeta e das variações térmicas;
- grande parte das coberturas inspecionadas não apresenta qualquer sinal de existência de um plano de manutenção. Isto comprova-se pela utilização da técnica R.1 (limpeza do revestimento exterior da cobertura) em 93% da amostra, visto que tem como objetivo corrigir anomalias A-G8 (acumulação de detritos) e/ou do tipo A-G10 (colonização biológica);
- o custo por metro quadrado associado à reparação de uma cobertura depende: da área da cobertura, sendo o custo maior em coberturas com menor área; do número de singularidades, sendo os rendimentos da equipa tanto menores quanto mais singularidades a cobertura tiver; da distância entre a empresa e a cobertura a reparar, onde são acrescidos custos de transporte;
- dos revestimentos de impermeabilização analisados, a aplicação de membranas em PVC apresenta uma produtividade quatro vezes superior à da membrana betuminosa e cerca de 2,5 vezes superior à da membrana líquida; além dos ótimos resultados de produtividade das membranas em PVC, estas apresentam um custo similar ao das membranas betuminosas e inferior em 40% ao das membranas líquidas;
- além das características próprias do poliestireno expandido extrudido apresentadas em 2.3.4.4, este material demonstra uma produtividade superior tanto na sua aplicação como na sua remoção, em relação à lâ de rocha e ao aglomerado de cortiça expandida; quanto aos custos, o XPS é o isolante que apresenta preços mais competitivos.

6.3 Desenvolvimentos e perspectivas futuras

De forma a complementar o trabalho realizado pela presente dissertação, poderão ser realizados como trabalhos futuros os seguintes:

- analisar individualmente cada um dos revestimentos de impermeabilização realizando um maior número de inspeções, para com isso poder elaborar curvas e modelos de degradação o mais adaptados à realidade;
- realizar um trabalho semelhante em várias zonas do país, como por exemplo Faro e Bragança, de forma a diversificar a amostra, uma vez que grande parte das inspeções da presente dissertação se realizou em Lisboa;
- analisar individualmente as diferentes soluções de impermeabilização em função das utilizações tipo presentes nos edifícios, definindo em função das mesmas as soluções construtivas a adotar, as anomalias mais frequentes e a manutenção periódica a adotar;
- criar parcerias com empresas produtoras dos diferentes tipos de revestimentos de impermeabilização e isolamentos térmicos para a elaboração de estudos aprofundados com vista a melhorar o comportamento destes elementos face aos diversos agentes agressivos ou resistência ao fogo;
- estabelecer parcerias com empresas da área dos produtos químicos com vista a desenvolver produtos que permitam retardar ou impedir o desenvolvimento de colonização biológica do revestimento exterior da cobertura;
- estabelecer parcerias com empresas ligadas à reabilitação com vista a obter uma gama de técnicas de reparação mais completa e obter valores de rendimentos e dos custos mais precisos através do acompanhamento da sua aplicação *in situ*;
- criar um plano de inspeções e de manutenções periódicas para os diferentes tipos de revestimentos de impermeabilização.

Referências bibliográficas

- Alves, J. *Impermeabilização e isolamento térmico de coberturas em terraço, sistemas construtivos e patologias*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia, Lisboa, 2013
- António, D. *Reabilitação de revestimentos de impermeabilização de coberturas em terraço*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2011
- Batista, S. *Impermeabilização de coberturas em terraço: directrizes para o projecto*. Dissertação de Mestrado em Construção Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2004
- Brito, J. de *Desenvolvimento de um sistema de gestão de obras de arte em betão*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1992
- Brito, J. *Diagnóstico, patologia e reabilitação de revestimentos de coberturas inclinadas*. Textos de apoio à disciplina Patologia e Reabilitação da Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2004
- British Board of Agrément (BBA). *Knauf insulation inverted roofs system*. 2013. Agrément certificate nº 07/4418
- Catálogos Imperialum. *Projecto de impermeabilização e isolamento térmico*, Imperialum Lisboa, 2014
- Córias, V. *Guia prático para a conservação de imóveis*. 1ª edição, Dom Quixote, Lisboa, 2004, ISBN 972-20-2184-2
- Conceição, J. *Sistema de inspeção e diagnóstico de coberturas em terraço. Recuperação do edificado do exército*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Militar, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2015
- Decreto-Lei n. 80 de 4 de abril de 2006, *Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)*. Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações (MOPTC). Lisboa, 2006
- Decreto-Lei n. 38382, de 7 de agosto de 1951, *Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU)*. Imprensa Nacional - Casa da Moeda. Lisboa, 1988
- ETAG 005 - *Guideline for European technical approval of Liquid applied roof waterproofing kits*. Part 2: Specific stipulations for kits based on polymer modified bitumen emulsions and solutions. Revision, EOTA, Brussels, March 2004
- ETAG 006 - *Guideline for European technical approval of systems of mechanically fastened flexible roof waterproofing membranes*. EOTA, Brussels, Edition March 2000 Amended November 2012
- Flores, I.; Brito, J.; Freitas, V. *Durabilidade das soluções e estratégias de manutenção de fachadas de edifícios*. In 2nd International Symposium on building pathology, durability and rehabilitation. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2003

- Flores, I. *Estratégias de manutenção: elementos da envolvente de edifícios correntes*. Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2002
- Flores, I. *Manutenção das coberturas*. Folhas de apoio à disciplina de avaliação imobiliária e manutenção das construções, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008/2009
- Flores, I. *Planos de manutenção pró-ativa em edifícios recentes*. 3º Encore, Encontro sobre conservação e reabilitação de edifícios. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2003, pp. 1027-1035
- Figueiredo, J. *Levantamento de anomalias nos sistemas impermeabilizantes de coberturas planas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2012
- Ginga, D. *Sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço. Materiais, sistemas e anomalias*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Militar, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008
- Gomes, R. *Coberturas em terraço. Informação técnica Edifícios*. LNEC, Lisboa, 1968
- Gonçalves, M.; Lopes, G.; Brito, J.; Lopes, M. *Características das membranas de impermeabilização de coberturas em terraço*. Universidade do Minho, Revista Engenharia Civil, nº 2, pp. 59-71, 2005
- Griffin, C. W. *Manual of built-up roof systems*. McGraw-Hill Book Company, Second Edition. New York, 1982
- Instituto Nacional de Estatística (INE). *Censos 2011 Resultados definitivos - Portugal*. Lisboa, 2012, ISBN 978-989-25-0181-9
- Instituto Nacional de Estatística (INE). *Estatísticas da Construção e Habitação 2012*. Lisboa, 2013, ISBN 978-989-25-0208-3
- Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Núcleo de comportamento das construções (NCCT) - *Ensaios de absorção de água sobre provetes de aglomerado negro de cortiça*. Proc. 083/3/7954. Lisboa, 1990
- Lages, A. *Coberturas de edifícios aplicação de um sistema pericial na avaliação do custo e qualidade*. Dissertação de Mestrado em Construção de Edifícios, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1994
- Leite, C. *Estrutura de um plano de manutenção de edifícios habitacionais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009
- Lopes, J. G. *Anomalias em impermeabilizações de coberturas em terraço*. Informação Técnica Edifícios, ITE 33. LNEC, Lisboa, 2011
- Lopes, J. G. *Revestimentos de impermeabilização de coberturas em terraço*. Informação Técnica Edifícios, ITE 34, Lisboa, 2010
- Lopes, N. *Tecnologia e reabilitação de revestimentos exteriores de coberturas inclinadas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Militar, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009

- Medeiros, H. *Coberturas em terraço: Exemplos de execução e comportamento*. In: *coberturas de edifícios* CPP516. Lisboa: ICT Especialização e Aperfeiçoamento Edifícios CPP516-LNEC, 2033. ISBN 972-49-0048-7. P. 413-443
- Morgado, J. *Plano de inspeção e manutenção de coberturas de edifícios correntes*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2012
- Palha, F. *Tecnologia e reabilitação de estuques correntes em paramentos interiores*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008
- Paiva, J.; Aguiar, J.; Pinho A. *Guia técnico de reabilitação habitacional*. 1ª edição. Lisboa, 2006, ISBN 978-972-49-2081-8
- Paiva, J. V. *Revestimentos de coberturas em terraço*. Textos de apoio à disciplina de Revestimentos e acabamentos. Módulo VII, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2006/2007
- Peneda, S.; Brito, J.; Correia, J. *Diagnóstico, patologia e reabilitação de impermeabilizações em coberturas em terraço*. Folhas de apoio à disciplina de Patologia e Reabilitação da Construção, Instituto Superior Técnico, 2013/2014
- Raposo, T. *Durabilidade da construção. Estimativa da vida útil de revestimentos de coberturas planas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009
- Rocha, P. *Anomalias em coberturas de terraço e inclinadas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008
- Rockwool. *Flachdachsanierung*, Gelsenkirchen, 2012
- Sotecnisol. *Condições técnicas especiais. Sistemas de impermeabilização com membranas betuminosas*. Lisboa, 2012
- Santos, C.; Matias, L. *Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*. Informação Técnica Edifícios ITE 50. LNEC, Lisboa, 2006
- Seródio, P. *Coberturas em terraço*. Diapositivos da disciplina de Tecnologia da Construção de Edifícios, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2007/2008
- Silva, J. *Coberturas e fachadas verdes*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Militar, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2012
- Silva, J.; Gonçalves, P. *Patologias frequentes em coberturas planas em Portugal*. Congresso Nacional da Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2001
- Silva, V. *Guia prático para a conservação de imóveis*. Secretaria de Estado da Habitação. Editora Dom Quixote, Lisboa, 2004

- Silva, V. *Guia para reabilitação. Isolamento térmico de edifícios correntes com poliestireno extrudido*. Laboratório de Física e Tecnologia das Construções do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, Braga, 2013
- Silvestre, J. D. *Sistema de apoio à inspeção e diagnóstico de anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes*. Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2005
- Sousa, J. *Solução de reabilitação da impermeabilização de coberturas planas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009
- Sotecnisol. *Condições técnicas especiais. Sistemas de impermeabilização com membranas de PVC-P*. Lisboa, 2012
- Tostões, A. *Construção moderna: as grandes mudanças do século XX*. Seminário sobre história económica, tecnologia e sociedade, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2004
- Walter, A. *Sistema de classificação para a inspeção de impermeabilizações de coberturas em terraço*. Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2002

Páginas Web

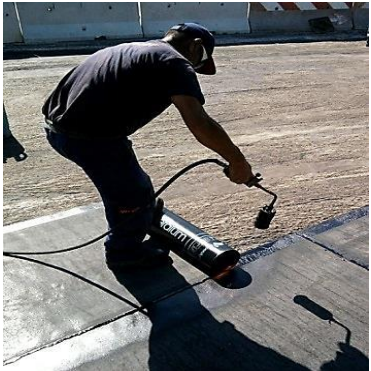


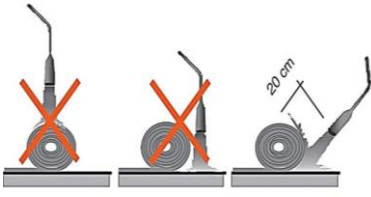
- [w₁] Sítio da empresa Westproof, www.westproof.pt, consultado em fevereiro 2015
- [w₂] Sítio da empresa Sotecnisol, www.sotecnisol.pt, consultado em fevereiro 2015
- [w₃] Sítio da empresa Bituver, www.bituver.it, consultado em março 2015
- [w₄] Sítio da empresa Low Energy House, www.lowenergyhouse.com, consultado em maio 2015
- [w₅] Sítio da empresa Solardis, www.lotus.soprema.fr, consultado em maio 2015
- [w₆] Sítio da empresa Archi Expo, www.archiexpo.com, consultado em maio 2015
- [w₇] Sítio da empresa Sika, www.sika.com, consultado em maio 2015
- [w₈] Sítio gerador de preços, www.geradordeprecos.info, consultado em maio 2015
- [w₉] Sítio da empresa Impermachado, www.impermachado.pt, consultado em maio 2015
- [w₁₀] Sítio da empresa soludimper, www.soludimper.com, consultado em maio 2015
- [w₁₁] Sítio da empresa Dow Building Solutions, www.building.dow.com, consultado em maio de 2015
- [w₁₂] Sítio da empresa Fibrosom, www.fibrosom.com, consultado em maio 2015
- [w₁₃] Sítio da empresa Viero, www.viero.com.pt, consultado em maio 2015
- [w₁₄] Sítio da empresa A2A, www.a2a.pt, consultado em maio de 2015
- [w₁₅] Sítio da empresa Mapei, www.mapei.com, consultado em junho de 2015

- [w₁₆] Sítio da empresa Iberfibran, www.fibran.com.pt, consultado em junho de 2015
- [w₁₇] Sítio da empresa Danosa, www.danosa.com.pt, consultado em junho de 2015
- [w₁₈] Sítio da empresa Francisco Navarro Perez, www.materialesnavarro.es, consultado em junho de 2015
- [w₁₉] Sítio da empresa Imperialum, www.imperialum.com, consultado em junho de 2015
- [w₂₀] Sítio da empresa baunetzwissen, www.baunetzwissen.de, consultado em junho de 2015
- [w₂₁] Sítio da empresa archiproducts, www.archiproducts, consultado em junho de 2015
- [w₂₂] Sítio em www.petroavan.com, consultado em junho de 2015
- [w₂₃] Sítio em www.img.tjskl.org.cn, consultado em junho de 2015
- [w₂₄] Sítio em www.imperfran.com.br, consultado em junho de 2015
- [w₂₅] Sítio em www.img.edilportale.com, consultado em junho de 2015
- [w₂₆] Sítio em www.tut.fi, consultado em junho de 2015
- [w₂₇] Sítio em www.btrust.en.made-in-china.com, consultado em junho de 2015
- [w₂₈] Sítio em www.leister.com, consultado em junho de 2015
- [w₂₉] Sítio em www.texsa.com, consultado em junho de 2015
- [w₃₀] Sítio em www.tecnoblogsanmartin.files.wordpress.com, consultado em junho de 2015
- [w₃₁] Sítio em www.amctelas.com.br, consultado em junho de 2015
- [w₃₂] Sítio em www.rockwool.de, consultado em junho de 2015
- [w₃₃] Sítio em www.4.bp.blogspot.com, consultado em junho de 2015
- [w₃₄] Sítio em www.impitec.br, consultado em junho de 2015
- [w₃₅] Sítio em www.infraredimagingervices.com, consultado em junho de 2015
- [w₃₆] Sítio em www.flatroofdoc.com, consultado em julho de 2015
- [w₃₇] Sítio em www.henkelhaus.de, consultado em julho de 2015
- [w₃₈] Sítio em www.scherrer-online.de, consultado em julho de 2015
- [w₃₉] Sítio em www.orçamentos.eu, consultado em julho de 2015
- [w₄₀] Sítio em www.mundoarquitectura.org, consultado em julho de 2015
- [w₄₁] Sítio em www.heinze.de, consultado em julho de 2015
- [w₄₂] Sítio em www.nord-dach.de, consultado em julho de 2015
- [w₄₃] Sítio do Instituto Brasileiro da Impermeabilização, www.ibibrasil.org.br, consultado em julho de 2015

Anexos

Anexo 4 - Fichas de reabilitação de coberturas em terraço

Ficha de reparação R.1	Ficha n.º 1
<p>Designação: limpeza do revestimento exterior da cobertura e sistema de drenagem.</p> <p>Descrição:</p> <p>(a) utilização de jato de água;</p> <p>(b) remoção manual ou com auxílio de equipamento.</p> <p>Características dos materiais:</p> <p>(a) água potável, solvente neutro recomendado pelo fabricante.</p> <p>Descrição dos trabalhos:</p> <p>(a) 1. pré-molhagem da superfície; 2. escovagem manual, jato de ar comprimido, jato de água, limpeza mista; 3. lavagem abundante do paramento com água corrente;</p> <p>(b) remover manualmente ou com o auxílio de um soprador, toda a vegetação e detritos presentes na cobertura e no sistema de drenagem.</p> <p>Problemas e cuidados especiais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - selecionar a técnica mais adequada ao nível da afetação da cobertura partindo da menos agressiva para a mais intrusiva; - prever o resguardo do edifício e envolvente recolhendo os detritos gerados pela limpeza da cobertura; - colocar redes no perímetro cobertura ou borrifar o local com água, de forma a evitar o excesso de libertação de pó; - no fim da limpeza, verificar se os acessórios de proteção das embocaduras se encontram colocados. <p>Mão-de-obra e prazo de execução estimado:</p> <p>(a) 1 operário x 1 hora: limpeza de 20 m² de revestimento;</p> <p>(b) 1 operário x 1 hora: limpeza de 60 m² de revestimento.</p> <p>Equipamento necessário:</p> <p>-carácter geral: meios de acesso à cobertura; escova; pano ou esponja; EPI;</p> <p>(a) compressor; jato de ar comprimido; jato de água e pistola de aspersão;</p> <p>(b) soprador, balde, pá.</p> <p>Estimativa de custos:</p> <p>(a) 10 €/ m²;</p> <p>(b) 45 €/ dia.</p> <p>Referências bibliográficas: (Lopes, 2009); W₃₈; W₃₇; W₃₆.</p>	<p>(a)</p>  <p>(b)</p>  <p>(c)</p> 

Ficha de reparação R.2	Ficha n.º 2
<p>Designação: aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização.</p> <p>Descrição:</p> <p>(a) sistema de impermeabilização com membranas betuminosas:</p> <p>(i) sistema bicapa; (ii) sistema bicapa com granulado mineral na face superior;</p> <p>(b) sistema de impermeabilização com membranas sintética de PVC;</p> <p>(c) sistema de impermeabilização com produtos à base de poliuretano.</p> <p>Características dos materiais:</p> <p>(a) primário betuminoso, geotêxtil, betume modificado:</p> <p>(i) 1ª membrana betuminosa de massa 3,0 kg/m², armadura de fibra de vidro com 50 g/m², acabamento em ambas as faces em polietileno; 2ª membrana betuminosa 4,0 kg/m², armadura em poliéster com 180* g/m², acabamento em ambas as faces em polietileno;</p> <p>(ii) 1ª membrana de betuminosa de massa 3,0 kg/m², armadura de fibra de vidro de 50 g/m², acabamento em ambas as faces em polietileno; 2ª membrana betuminosa 4,0 kg/m², armadura em poliéster de 150 g/m², acabamento na face inferior em polietileno e na face superior auto-protegida com granulado mineral;</p> <p>(b) membranas sintéticas de PVC de espessura 1,2 ou 1,5 mm; chapa colaminada; cola de contacto; geotêxtil de gramagem adequada;</p> <p>(c) membrana líquida de poliuretano, aplicada a frio com duas demãos. Espessura média de 2 mm por demão e um rendimento médio de 4 kg/m² dependendo do sistema aplicativo e da rugosidade do suporte.</p> <p>* Poliéster com 180 g/m² nas coberturas acessíveis; Poliéster com 150 g/m² nas coberturas não acessíveis.</p> <p>Descrição dos trabalhos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - analisar o estado de conservação do sistema de impermeabilização existente; - remover o sistema de impermeabilização que se encontre degradado, bem como junto a pontos singulares e periferias; - repor o sistema de impermeabilização do mesmo tipo ou semelhante; <p>(a) 1. Aplicar primário betuminoso nas zonas de aderência, remates e pontos singulares. Aplicar a pincel, rolo ou por pistola; 2. aplicar a primeira camada de membranas. As membranas perfeitamente soldadas por chama de maçarico, sendo a sobreposição das juntas longitudinais cerca de 10 cm e nas juntas transversais 15 cm. Colocar as membranas no mesmo sentido da pendente ou no mesmo sentido em que as membranas existentes estão aplicadas; 3. aplicar a segunda camada de membranas completamente aderida à primeira camada. As juntas da camada superior devem ficar desencontradas em relação às juntas da camada inferior, rematando, além da primeira membrana, 10 cm;</p> <p>(b) 1. Aplicar camada de geotêxtil; 2. aplicar membranas de PVC. As membranas são sobrepostas no mínimo 5 cm, no caso de camada de proteção. Se o sistema for utilizado com fixação mecânica, as membranas, são sobrepostas no mínimo 10 cm; 3. colocar camada de geotêxtil no caso de existir camada de proteção;</p> <p>(c) 1. Preparar superfície. Obtenção de uma superfície de poro aberto recorrendo se necessário a equipamentos de decapagem; 2. aplicação de primário; 3. aplicação da primeira demão da membrana; 5. colocação da armadura logo a seguir à primeira demão; 4. após a superfície estar seca, aplicar a segunda demão.</p> <ul style="list-style-type: none"> - após aplicar o sistema de impermeabilização, efetuar o ensaio de estanqueidade para detetar pos- 	<p>(a)</p>  <p>(b)</p>  <p>(c)</p>  <p>(d)</p> 

síveis deficiências na execução do sistema. Criar uma lâmina de água de 10 cm durante 48 horas;
- limpar bem a zona das sobras de materiais para não obstruir os sistemas de drenagem.

Problemas e cuidados especiais:

- carácter geral: aferir, no caso de existência de isolamento térmico, se este já tem danos que o inviabilizem; limpar a superfície para não comprometer a adesão ou originar futuras anomalias no sistema de impermeabilização; secar cuidadosamente a superfície antes de iniciar o trabalho de aplicação da impermeabilização; no caso de se aplicar camada de forma, os trabalhos de impermeabilização só deverão começar após este elemento ter tido tempo suficiente de cura (no mínimo 1 semana); verificar compatibilidade das membranas de impermeabilização; não aplicar sistemas de impermeabilização que contenham solventes e que possam emití-los; durante o armazenamento, evitar deixar paletes a céu aberto em áreas expostas à chuva, humidade elevada ou radiação ultravioleta;

(a) não usar o maçarico sobre a membrana, pois cria elevados gradientes térmicos localizados que conduzem ao despreendimento do produto. A técnica mais correta consiste em apontar o maçarico de forma a apanhar de igual forma a membrana betuminosa e a superfície de aplicação (figura d);

(a e b) especial precaução no transporte e manuseio. Evitar manobras que possam esmagar, deformar ou danificar os produtos de isolamento. Manter sempre os rolos de membrana na posição vertical em superfícies planas e suaves;

(b) amarração periférica da membrana com perfis colaminados;

(c) não deixar o balde muito tempo aberto.

Mão-de-obra e prazo de execução estimado:

(a) (i e ii) cobertura tradicional: 3 operários x 1 dia: 80 a 100 m²;

cobertura invertida: 3 operários x 1 dia: 100 a 120 m²;

(b) 3 operários x 1 dia: 400 m²;

(c) 2 operários x 1 dia: 100 a 120 m².

Equipamento necessário:

- carácter geral: meios de acesso à cobertura; materiais de proteção do sistema de impermeabilização existente; brocha; espátula metálica ou colher de pedreiro; fita métrica; faca tipo X-ato com lâmina curva; ferramenta usual de pedreiro; EPI; calçado flexível e sem deixar rasto;

(a) maçarico a gás propano; caldeira para fusão do betume oxidado; maçaricos de caldeira; extintor de pó químico ABC;

(b) aparelho de soldadura a ar quente; colas especiais; rolo de compressão; tesoura;

(c) rolo, trincha, equipamento mecânico.

Estimativa de custos:

- área de reparação ≤ 10 a 50 m²: não se estabelece o preço por m², sendo a faturação ao dia de trabalho (incluída a margem de lucro, o material e o transporte). Um dia de trabalho de uma equipa com 2 homens aproximadamente 250 € independentemente do sistema de impermeabilização;

- área de reparação > 50 a 100 m²:


(a) (i) 14 €/m²; (ii) 15 €/m²; (b) ** €/m²; (c) 40 €/m²;


- área de reparação >> 100 m²:



(a) (i) 11 €/m²; (ii) 12 €/m²; (b) 14 €/m²; (c) 35 €/m²;



** material aplicado em grandes áreas.

Referências bibliográficas: (Lopes, 2010); w₁; w₂; w₃; w₁₉.

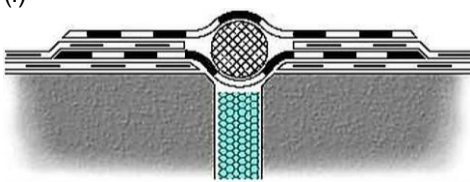
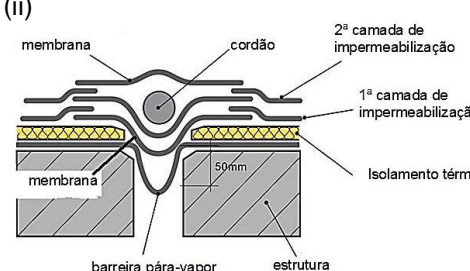

Ficha de reparação R.3	Ficha n.º 3
<p>Designação: aplicação / reparação / substituição do isolamento térmico.</p> <p>Descrição:</p> <p>(a) aplicação/ reparação do isolamento térmico;</p> <p>(b) remoção do isolamento térmico.</p> <p>Características dos materiais:</p> <p>(i) lâ de rocha; (ii) poliestireno extrudido (XPS);</p> <p>(iii) poliisocianurato (PIR); (iv) aglomerado de cortiça.</p> <p>Descrição dos trabalhos:</p> <p>- analisar o estado de conservação da superfície de aplicação;</p> <p>(a) <u>Cobertura tradicional</u>: 1. aplicar barreira ao vapor; 2. aplicar isolamento térmico; 3. colocar camada de geotêxtil sobre o isolamento térmico caso o sistema de impermeabilização seja em PVC.</p> <p><u>Cobertura invertida</u>: 1. aplicar geotêxtil, no caso de sistema de impermeabilização em PVC; 2. aplicar isolamento térmico (ii ou iii); 3. colocar camada de geotêxtil se existir camada de proteção pesada.</p> <p>(b) remover o isolamento térmico e transportar para um contentor de entulho.</p> <p>Problemas e cuidados especiais:</p> <p>- a espessura do isolamento aplicado deve cumprir os requisitos regulamentares (RCCTE, 2013);</p> <p>- numa cobertura do tipo tradicional com XPS ou aglomerado de cortiça expandida, não é possível aplicar um sistema de impermeabilização aderente com recurso a chama de maçarico;</p> <p>- numa cobertura invertida sem proteção pesada, o isolamento térmico deverá ser fixo mecanicamente.</p> <p>Mão-de-obra e prazo de execução estimado:</p> <p>(a) (i) 3 operários x 1 dia: 200 m²; (ii e iii) 3 operários x 1 dia: 250 m²; (iv) 3 operários x 1 dia: 200 m²;</p> <p>(b) (i) 3 operários x 1 dia: 450 m²; (ii e iii) 3 operários x 1 dia: 500 m²; (iv) 3 operários x 1 dia: 350 m².</p> <p>Equipamento necessário:</p> <p>- carácter geral: meios de acesso à cobertura; fita métrica; faca tipo X-ato com lâmina curva; serrote; ferramenta usual de pedreiro, se necessário; luvas de proteção; capacete; calçado flexível e sem deixar rasto; utilizar máscara quando aplicados os produtos (i e iv);</p> <p>(b) carrinho de mão; contentor de entulho.</p> <p>Estimativa de custos:</p> <p>- a estimativa foi obtida para uma espessura de 6 cm do isolamento:</p> <p>(a) (i) 16 €/m²; (ii) 15 €/m²; (iii e iv) 19 €/m²;</p> <p>(b) transporte de vazadouro 150€ com capacidade de 6m³.</p> <p>Referências bibliográficas: (Lopes, 2010); w₁; w₂; w₃; w₄; w₅.</p>	

Ficha de reparação R.4		Ficha n.º 4
<p>Designação: aplicação / reparação / substituição da camada de dessolidarização.</p> <p>Descrição: (a) aplicação / reparação / substituição da camada de dessolidarização com geotêxtil.</p> <p>Características dos materiais: (i) geotêxtil não tecido composto por fibras de poliéster entrelaçadas, com uma massa superficial de 200 g/m²; (ii) feltro separador orgânico saturado em betume.</p> <p>Descrição dos trabalhos: 1. preparar a superfície; 2. aplicar a camada de dessolidarização.</p> <p>Problemas e cuidados especiais: - verificar se não existem elementos perfurantes antes e após a aplicação da camada de dessolidarização, para evitar danos mecânicos nos restantes elementos; - garantir a sobreposição do elemento em toda a área.</p> <p>Mão-de-obra e prazo de execução estimado: (i e ii) 2 operários x 1 dia: 500 m².</p> <p>Equipamento necessário: - meios de acesso à cobertura; tesoura; EPI; calçado flexível e sem deixar rasto.</p> <p>Estimativa de custos: (i e ii) entre 1 €/m² e 1,20 €/m².</p> <p>Referências bibliográficas: (Lopes, 2010); W₁; W₂; W₃; W₆; W₈; W₁₉.</p>		

Ficha de reparação R.5	Ficha n.º 5
<p>Designação: aplicação / reparação / substituição da barreira ao vapor.</p> <p>Descrição: (a) aplicação / reparação / substituição da barreira ao vapor.</p> <p>Características dos materiais: (i) emulsão betuminosa com carga de borracha; (ii) barreira de vapor de filme de polietileno de baixa densidade, de 0,1 mm de espessura e 100 g/m² de massa superficial.</p> <p>Descrição dos trabalhos: 1. limpeza e preparação da superfície; 2. aplicação da barreira ao vapor.</p> <p>Problemas e cuidados especiais: (i) garantir espessura suficiente de acordo com o fabricante; (ii) garantir a sobreposição das membranas em toda a superfície e o seu correto isolamento.</p> <p>Mão-de-obra e prazo de execução estimado: (i) 2 operários x 1 dia: 150 m²; (ii) 2 operários x 1 dia: 500 m².</p> <p>Equipamento necessário: - carácter geral: meios de acesso à cobertura; EPI; calçado flexível e sem deixar rasto; (i) rolo ou trincha; (ii) tesoura, X-ato.</p> <p>Estimativa de custos: (i) 2,20 €/kg; (ii) 0,80 a 1,10 €/m².</p> <p>Referências bibliográficas: (Lopes, 2010); w₂;w₈; w₁₉; w₂₁.</p>	 


Ficha de reparação R.6	Ficha n.º 6
<p>Designação: aplicação / substituição da camada de forma.</p> <p>Descrição:</p> <p>(a) aplicação da camada de forma;</p> <p>(b) remoção da camada de forma.</p> <p>Características dos materiais:</p> <p>(i) betão celular, densidade (300 kg/m^3 a 600 kg/m^3);</p> <p>(ii) argila expandida (350 kg/m^3).</p> <p>Descrição dos trabalhos:</p> <p>(a) 1. limpeza da cobertura; 2. escolher o agregado leve em função do betão escolhido e introduzi-lo na betoneira com uma parte da água de misturar; 3. adicionar o cimento e areia, se necessário juntamente com água, misturar até que apresente um aspeto homogéneo; 4. espalhar a mistura manualmente ou com bomba, consoante o tipo de betão; 5. nivelar à cota pretendida com uma espessura média de 10 cm e com uma pendente compreendida entre 2 e 8%.</p> <p>(b) 1. remover o revestimento sem colocar em causa a estabilidade estrutural dos elementos contíguos, nem danificar pontos singulares; 2. proceder à limpeza, armazenamento, remoção e carga manual de entulho para contentor de entulho.</p> <p>Problemas e cuidados especiais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - utilizar cimento Portland de qualidade e fabrico recente; - não aplicar a camada de forma a temperaturas próximas de 0°C, nem caso seja provável chuva ou variações bruscas de temperatura; - após a aplicação da camada de forma, é conveniente a aplicação de uma betonilha de regularização sobre a camada; - aplicar o próximo elemento, constituinte da cobertura, após o tempo de cura da camada de forma. <p>Mão-de-obra e prazo de execução estimado:</p> <p>(a) (i e ii) 2 operários x 1 dia: 250 m^2;</p> <p>(b) (i e ii) 2 operários x 1 dia: 150 m^2.</p> <p>Equipamento necessário:</p> <ul style="list-style-type: none"> - carácter geral: meios de acesso à cobertura; EPI; calçado flexível e sem deixar rasto; ferramenta usual de pedreiro; betoneira; (b) martelo pneumático; compressor; carrinho de mão; contentor de entulho. <p>Estimativa de custos:</p> <p>(a) (i) 10 €/m^2; (ii) 14 €/m^2;</p> <p>(b) transporte de vazadouro 150€ com capacidade de 6 m^3; custo da equipa 260 €/dia.</p> <p>Referências bibliográficas: (Lopes, 2010); w_1; w_2; w_{22}; w_{23}.</p>	 <p>(ii)</p> 

Ficha de reparação R.7	Ficha n.º 7
<p>Designação: Criação de caminhos de circulação.</p> <p>Descrição:</p> <p>(a) aplicação de membrana betuminosa auto-protegida;</p> <p>(b) aplicação de lajeta.</p> <p>Características dos materiais:</p> <p>(a) membrana betuminosa de massa 4,0 kg/m²; armadura em poliéster de 150 g/m²; acabamento na face inferior em polietileno e na face superior com granulado mineral;</p> <p>(b) geotêxtil não tecido composto por fibras de poliéster entrelaçadas, com uma massa superficial de 200 g/m²; lajeta.</p> <p>Descrição dos trabalhos:</p> <p>1. analisar o estado de conservação do sistema de impermeabilização; 2. (a) aplicar a membrana betuminosa auto-protegida; (b) aplicar camada de geotêxtil e posteriormente a lajeta.</p> <p>Problemas e cuidados especiais:</p> <p>(a) a cor da membrana auto-protegida deve ser diferente da cor do restante revestimento de impermeabilização de forma a sinalizar o caminho de circulação.</p> <p>Mão-de-obra e prazo de execução estimado:</p> <p>(a) 2 operários x 1 dia: 60 m²;</p> <p>(b) 2 operários x 1 dia: 60 a 80 m².</p> <p>Equipamento necessário:</p> <p>- caráter geral: meios de acesso à cobertura; materiais de proteção do sistema de impermeabilização existente; brocha; espátula metálica ou colher de pedreiro; fita métrica; faca tipo X-ato com lâmina curva; ferramenta usual de pedreiro; EPI; calçado flexível e sem deixar rasto;</p> <p>(a) maçarico a gás propano; caldeira para fusão do betume oxidado; maçaricos de caldeira; extintor de pó químico ABC.</p> <p>Estimativa de custos:</p> <p>(a) 11 €/m²;</p> <p>(b) 18,00 €/m².</p> <p>Referências bibliográficas: (Lopes, 2010); w₁; w₂; w₃; w₉; w₁₉.</p>	<p>(a)</p>  <p>(b)</p> 

Ficha de reparação R.8	Ficha n.º 8
<p>Designação: aplicação / reparação / substituição de juntas de dilatação.</p> <p>Descrição:</p> <p>(a) aplicação / reparação de juntas de dilatação:</p> <p>(i) cobertura invertida; (ii) cobertura tradicional.</p> <p>(b) substituição de juntas de dilatação.</p> <p>Características dos materiais:</p> <p>- mástique betuminoso (cordão); membrana de impermeabilização.</p> <p>Descrição dos trabalhos:</p> <p>(a) 1. chanfrar as arestas da junta; 2. aplicar betume primário; 3. aplicar a membrana de impermeabilização do mesmo tipo de material da cobertura, em forma de fole/ómega, envolvendo a face inferior do cordão betuminoso; 4. colocar o cordão betuminoso; 5. cobrir a junta e a zona adjacente com uma nova membrana;</p> <p>(b) 1. abertura da junta e remoção de material degradado; 2. remover elementos adjacentes à junta em ambos os lados, cerca de 20 cm; 3. limpeza da superfície;</p> <p>Problemas e cuidados especiais:</p> <p>Garantir um fole adequado da membrana, de forma a prevenir anomalias com os movimentos diferenciais da junta de dilatação</p> <p>Mão-de-obra e prazo de execução estimado:</p> <p>(a) 1 operário x 1 dia: 20 m.</p> <p>Equipamento necessário:</p> <p>- meios de acesso à cobertura; ferramenta usual de pedreiro; EPI; calçado flexível e sem deixar rasto; pistola aplicadora do produto.</p> <p>Estimativa de custos:</p> <p>(a) 20 €/m.</p> <p>Referências bibliográficas: (Lopes, 2010); W₁; W₂; W₃; W₉; W₁₉.</p>	<p>(i)</p>  <p>(ii)</p>  <p>membrana</p> <p>cordão</p> <p>2ª camada de impermeabilização</p> <p>1ª camada de impermeabilização</p> <p>Isolamento térmico</p> <p>membrana</p> <p>50mm</p> <p>barreira pára-vapor</p> <p>estrutura</p> 

Ficha de reparação R.9	Ficha n.º 9
<p>Designação: reparação de remates.</p> <p>Descrição:</p> <p>(a) reparação de soleira;</p> <p>(b) reparação da envolvente de elementos emergentes;</p> <p>(c) reparação de capeamento.</p> <p>Características dos materiais:</p> <p>(a) membrana betuminosa;</p> <p>(b) rufo metálico, mastique;</p> <p>(c) zinco.</p> <p>Descrição dos trabalhos:</p> <p>(a) 1. preparar a superfície, alisando arestas; 2. aplicação da membrana de impermeabilização; 3. aplicação de argamassa; 4. aplicar pedra na base;</p> <p>(b) 1. aplicar o rufo metálico sobre a membrana de impermeabilização; 2. aplicação do mastique;</p> <p>(c) 1. aplicar o capeamento sobre a platibanda.</p> <p>Problemas e cuidados especiais:</p> <p>(a) a espessura de argamassa entre a soleira e a membrana de impermeabilização deverá ser a mínima possível, de modo a evitar a ascensão capilar da humidade para o interior do edifício; Efetuar um rasgo na pedra da soleira para evitar que as águas da chuva escurram junto ao espelho (pingadeira); para garantir a correta impermeabilização do sistema, o revestimento deverá ter uma dimensão igual ou superior a 50 cm;</p> <p>(b) garantir que o mastique preenche todo o espaço entre o rufo e a parede, de modo a garantir a estanqueidade do remate;</p> <p>(c) o capeamento deverá ter uma ligeira pendente para o interior da cobertura, de modo a evitar o empoçamento.</p> <p>Mão-de-obra e prazo de execução estimado:</p> <p>(a) 1 operário x 1 dia: 15 a 20 m;</p> <p>(b) e (c) 2 operário x 1 dia: 40 a 50 m.</p> <p>Equipamento necessário:</p> <p>- carácter geral: meios de acesso à cobertura; EPI; calçado flexível e sem deixar rasto; ferramenta usual de pedreiro;</p> <p>(a) material para aplicação da membrana betuminosa;</p> <p>(b) pistola para aplicação de mastique;</p> <p>(c) serra; rebarbadora; soldador.</p> <p>Estimativa de custos:</p> <p>(a) 25 €/m; (b) 18 €/m; (c) 12 €/m².</p> <p>Referências bibliográficas: (Lopes, 2010); w₁; w₂; w₃; w₉; w₁₉.</p>	<p>(a)</p>  <p>(b)</p>  <p>(c)</p> 

Ficha de reparação R.10	Ficha n.º 10
<p>Designação: aplicação / reparação / substituição de tubos de queda.</p> <p>Descrição:</p> <p>(a) aplicação de ralos;</p> <p>(b) aplicação de bocais;</p> <p>(c) aplicação de caleiras;</p> <p>(d) aplicação de tubos de queda / tubos ladrão.</p> <p>Características dos materiais:</p> <p>(a) ralo em: PVC ou metálico;</p> <p>(b) bocal em: (i) Dutral; (ii) PVC;</p> <p>(c) caleiras em: (iii) Cobre; (iv) Zinco;</p> <p>(d) tubos queda / tubos ladrão em PVC.</p> <p>Descrição dos trabalhos:</p> <p>(a) colocar o ralo na embocadura;</p> <p>(b) 1. chanfrar as arestas da embocadura; 2. aplicar betume como primário; 3. aplicar o bocal entre as duas membranas que compõem o revestimento de impermeabilização bicapa da cobertura;</p> <p>(c) realizar as respetivas esquadrias e fixar na cobertura;</p> <p>(d) 1. fixar o tubo de queda junto ao edifício; 2. aplicar duas demãos de tinta protetora.</p> <p>Problemas e cuidados especiais:</p> <p>(a) fixar bem o ralo na embocadura de modo a evitar que este seja removido facilmente;</p> <p>(b) toda a área junto à embocadura deve ser posicionada a uma cota inferior do nível circundante; os remates nas embocaduras deverão ser executados sempre que possível com acessórios pré-fabricados, que deverão ficar intercalados entre duas membranas; não é recomendada a utilização de bocais em material metálico devido à variação diferencial de temperatura;</p> <p>(c) aplicar tinta em caleiras de zinco para proteger da corrosão; garantir pendente suficiente o correto escoamento das águas pluviais.</p> <p>(d) aplicar tinta para proteger da radiação ultravioleta.</p> <p>Mão-de-obra e prazo de execução estimado:</p> <p>(a) 1 operário x 1 dia: 60 unidades;</p> <p>(b) 1 operário x 1 dia: 15 unidades;</p> <p>(c) 2 operário x 1 dia: 40 a 50 m;</p> <p>(d) 1 operário x 1 dia: 75 a 90 m.</p> <p>Equipamento necessário:</p> <p>- carácter geral: meios de acesso à cobertura; ferramenta usual de pedreiro; EPI; calçado flexível e sem deixar rasto; berbequim;</p> <p>(b) (i) maçarico a gás propano; caldeira para fusão do betume oxidado; maçaricos de caldeira; extintor de pó químico ABC; (ii) aparelho de soldadura a ar quente; colas especiais; rolo de compressão; tesoura;</p> <p>(c) rebarbadora; soldadora; mastique;</p> <p>(d) material de fixação mecânica; serra.</p> <p>Estimativa de custos:</p> <p>(a) entre 3 a 6 €/unid.;</p> <p>(b) (i) entre 10 a 15 €/unid.; (ii) entre 15 a 20 €/unid.</p> <p>(c) (iii) 35 €/m; (iv) 12 €/m;</p> <p>(d) entre 0,20 a 0,35 €/m.</p> <p>Referências bibliográficas: (Lopes, 2010); W₁; W₂; W₃; W₉; W₁₉; W₄₅</p>	<p>(a) </p> <p>(b) </p> <p>(c) </p>

Ficha de reparação R.11	Ficha n.º 11
<p>Designação: aplicação / reparação / substituição de fixações em elementos.</p> <p>Descrição: (a) aplicação de fixações.</p> <p>Características dos materiais: (a) parafuso duplamente roscado; chapa de proteção.</p> <p>Descrição dos trabalhos: 1. após colocar o elemento sobre a estrutura de suporte, efetuar o furo com o auxílio de um berbequim; 2. colocar bucha plástica; 3. colocar a fixação juntamente com a chapa de proteção.</p> <p>Problemas e cuidados especiais: -verificar se os elementos se encontram esticados, sem ondas nem rugas; garantir margem suficiente recomendada pelo fabricante do material a fixar.</p> <p>Mão-de-obra e prazo de execução estimado: (a) 1 operário x 1 dia: 170 a 230 unidades.</p> <p>Equipamento necessário: -meios de acesso à cobertura; EPI; calçado flexível e sem deixar rasto; berbequim; martelo; ferramenta usual de pedreiro.</p> <p>Estimativa de custos: (a) 0,80 €/unid.</p> <p>Referências bibliográficas: (Lopes, 2010); w₁; w₂; w₃; w₉; w₄₆</p>	

Anexo 5.I - Ficha de inspeção

FICHA DE INSPEÇÃO N.			DATA DA INSPEÇÃO					
RESPONSÁVEL / FUNÇÃO								
OBJETIVO DA INSPEÇÃO								
I - EDIFÍCIO								
I.1 - Localização								
I.2 - Tipo de utilização	Habitação		Comércio		Serviços		Outro	
I.3 - Intervenções posteriores	Sim		Não					
I.4 - N°. de pisos acima do solo								
I.5 - Tipo de envolvente	Rural		Urbana		Marítima			
I.6 - Proximidade do mar	< 1 km		< 5 km		> 5 km			
I.7 - Notas								
II.A - COBERTURA EM TERRAÇO								
II.1 - Acesso ao interior do edifício	Sim		Não					
II.2 - Área total (m ²)								
II.3 - Pendente (%)								
II.4 - Tipo de cobertura	Sem isolamento térmico		Tradicional		N.S			
			Invertida					
II.5 - Tipo de utilização	Acessível		Não acessível					
II.6 - Tipo de proteção	Pesada		Leve		Não existe			
II.7 - Tipo impermeabilização	Betuminoso		PVC		Membrana líquida			
II.8 - Material isolamento térmico	Mineral		Sintético		Não existe			
II.9 - Existência de fixação mecânica	Capeamento		Isolamento térmico		Não existe			
	Remates				N.S.			
II.10 - Existência de caminhos de circulação	Sim		Não					
II.11 - Singularidades da cobertura	Platibandas		Caleiras		Soleira			
	Chaminés		Tubos ladrão		Juntas dilatação			
	Clarabóia		Tubos de queda		Equipamentos			
	Elementos emergentes		Guarda-corpos		Áreas técnicas			

*N.S - Não se sabe

III - MANUTENÇÃO	
III.1 - Tipologia implementada	
III.2 - Periodicidade das inspeções e / ou das intervenções	
III.3 - Características das intervenções efetuadas	
Data Técnica utilizada Materiais aplicados	
Data Técnica utilizada Materiais aplicados	
Data Técnica utilizada Materiais aplicados	
III.4 - Meios de acesso para vistoria / intervenção	
IV - OBSERVAÇÕES	

Anexo 5.II - Fichas de validação

FICHA DE VALIDAÇÃO N.	DATA DA INSPEÇÃO
I - ANOMALIAS DETETADAS	
A-G1- Desgaste superficial	
A-G2- Fratura / rotura	
A-G3- Descolamento / arrancamento	
A-G4- Formação de pregas / empolamento	
A-G5- Fissuração	
A-G6- Perfuração	
A-G7- Ausência / posicionamento inadequado de camada	
A-G8- Acumulação de detritos	
A-G9- Deficiências de inclinação / empoçamento	
A-G10- Colonização biológica	
A-G11- Corrosão	
A-G12- Manchas de humidade de condensação / infiltração	
A-S1- Conceção inadequada de juntas de dilatação	
A-S2- Conceção inadequada de tubos de queda	
A-S3- Conceção inadequada de tubos ladrão	
A-S4- Conceção inadequada de caleiras	
A-S5- Conceção inadequada de juntas de sobreposição	
A-S6- Fixações deficientes	
A-S7- Capeamento deficiente	
A-S8- Remates deficientes	
OBSERVAÇÕES	
II - CARACTERIZAÇÃO DAS ANOMALIAS	
ANOMALIAS	
<i>(Preencher apenas as aplicáveis à anomalia)</i>	
Condições para que o fenómeno progrida (S/N)	
Percentagem de área afetada: (...) %	
Valor estético das áreas afetadas (A-alto; M-médio; B-baixo)	
Ocorrência de infiltrações (S/N)	
Manchas de humidade (S/N)	
Estado de degradação: (A-alto; M-médio; B-baixo)	
Execução correta das fixações (S/N)	
O fenómeno pode no curto / médio prazo vir a afetar o estado do revestimento de impermeabilização (S/N)	
Materiais adequados (S/N)	
Modo de execução correto dos remates (S/N)	
Recobrimentos adequados nos remates (S/N)	
Ausência de camada / fixações / capeamento (S/N)	
Junta sobre-elevada (S/N)	
Existência de ralos nas embocaduras (S/N)	
Localização adequada (S/N)	
Existência (S/N)	
Inclinação insuficiente (S/N)	
Nível de gravidade (0; 1; 2)	
OBSERVAÇÕES	

III- REABILITAÇÃO DAS COBERTURAS EM TERRAÇO	
Carácter geral	
R.1 - Limpeza do revestimento exterior da cobertura em terraço	
R.2 - Aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização	
R.3 - Aplicação / reparação / substituição do isolamento térmico	
R.4 - Aplicação / reparação / substituição da camada de dessolidarização	
R.5 - Aplicação / reparação / substituição de barreira ao vapor	
R.6 - Aplicação / substituição da camada de forma	
R.7 - Criação de caminhos de circulação	
Pontos singulares	
R.8 - Aplicação / reparação / substituição de juntas de dilatação	
R.9 - Reparação de remates e elementos de proteção associados	
R.10 - Aplicação / reparação / substituição de sistemas de drenagem	
R.11 - Aplicação / reparação / substituição de fixações em elementos	
OBSERVAÇÕES	

Anexo 5.III - Ficha de inspeção N. 17

FICHA DE INSPEÇÃO N.	17	DATA DA INSPEÇÃO	15-04-2015
RESPONSÁVEL / FUNÇÃO	Bruno Poça e João Conceição		
OBJETIVO DA INSPEÇÃO	Inspeção no âmbito da dissertação de mestrado		

I - EDIFÍCIO	Piscinas na Academia Militar						
I.1 - Localização	Gomes Freire, Lisboa						
I.2 - Tipo de utilização	Habitação		Comércio		Serviços	X	Outro
I.3 - Intervenções posteriores	Sim		Não	X			
I.4 - N.º. de pisos acima do solo	1						
I.5 - Tipo de envolvente	Rural		Urbana	X	Marítima		
I.6 - Proximidade do mar	X < 1 km		X < 5 km		X > 5 km	X	
I.7 - Notas	Nada a referir						

II.A - COBERTURA EM TERRAÇO							
II.1 - Acesso ao interior do edifício	Sim	X	Não				
II.2 - Área total (m ²)	105						
II.3 - Pendente (º)	2,2						
II.4 - Tipo de cobertura	Sem isolamento térmico		Tradicional		N.C.	X	
			Invertida				
II.5 - Tipo de utilização	Acessível		Não acessível	X			
II.6 - Tipo de proteção	Pesada		Leve	X	Não existe		
II.7 - Tipo impermeabilização	Betuminoso	X	PVC		Membrana líquida		
II.8 - Material isolamento térmico	Mineral		Sintético		Não existe	X	
II.9 - Existência de fixação mecânica	Capeamento		Isolamento térmico		Não existe	X	
	Remates				N.C.		
II.10 - Existência de caminhos de circulação	Sim		Não	X			
II.11 - Singularidades da cobertura	Platibandas	X	Caleiras		Soleira		
	Chaminés		Tubos ladrão		Juntas dilatação		
	Clarabóia	X	Tubos de queda	X	Equipamentos		
	Elementos emergentes		Guarda-corpos		Áreas técnicas		

*N.C. - Não classificado

III - MANUTENÇÃO	
III.1 - Tipologia implementada	Sem qualquer tipo de manutenção
III.2 - Periodicidade das inspeções e / ou das intervenções	Indefinida
III.3 - Características das intervenções efetuadas	Sem qualquer tipo de manutenção
Data Técnica utilizada Materiais aplicados	
Data Técnica utilizada Materiais aplicados	
Data Técnica utilizada Materiais aplicados	
III.4 - Meios de acesso para vistoria / intervenção	Nada a referir
IV - OBSERVAÇÕES	

Anexo 5.IV - Fichas de validação N. 17

FICHA DE VALIDAÇÃO N.	17	DATA DA INSPEÇÃO	15-04-2015		
I - ANOMALIAS DETETADAS					
A-G1- Desgaste superficial		X			
A-G2- Fratura / rotura					
A-G3- Descolamento / arrancamento					
A-G4- Formação de pregas / empolamento					
A-G5- Fissuração					
A-G6- Perfuração					
A-G7- Ausência / posicionamento inadequado de camada					
A-G8- Acumulação de detritos		X			
A-G9- Deficiências de inclinação / empoçamento					
A-G10- Colonização biológica		X			
A-G11- Corrosão					
A-G12- Manchas de humidade de condensação / infiltração					
A-S1- Conceção inadequada de juntas de dilatação					
A-S2- Conceção inadequada de tubos de queda		X			
A-S3- Conceção inadequada de tubos ladrão					
A-S4- Conceção inadequada de caleiras					
A-S5- Conceção inadequada de juntas de sobreposição					
A-S6- Fixações deficientes					
A-S7- Capeamento deficiente		X			
A-S8- Remates deficientes					
OBSERVAÇÕES					
II - CARACTERIZAÇÃO DAS ANOMALIAS					
(Preencher apenas as aplicáveis à anomalia)	A-G1	A-G8	A-G10	A-S2	A-S7
Condições para que o fenómeno progrida (S/N)	S	S	S		
Percentagem de área afetada: (...) %		7	L		
Valor estético das áreas afetadas (A-alto; M-médio; B-baixo)	M	B	M		
Ocorrência de infiltrações (S/N)					
Manchas de humidade (S/N)					
Estado de degradação: (A-alto; M-médio; B-baixo)					
Execução correta das fixações (S/N)					
O fenómeno pode no curto / médio prazo vir a afetar o estado do revestimento de impermeabilização (S/N)			N		
Materiais adequados (S/N)	S				
Modo de execução correto dos remates (S/N)					
Recobrimentos adequados nos remates (S/N)					
Ausência de camada / fixações / capeamento (S/N)					
Junta sobre-elevada (S/N)					
Existência de ralos nas embocaduras (S/N)				N	
Localização adequada (S/N)					
Existência (S/N)					
Inclinação insuficiente (S/N)					N
Nível de gravidade (0; 1; 2)	2	2	2	0	2
OBSERVAÇÕES					

III- REABILITAÇÃO DAS COBERTURAS EM TERRAÇO	
Carácter geral	
R.1 - Limpeza do revestimento exterior da cobertura em terraço	X
R.2 - Aplicação / reparação / substituição do sistema de impermeabilização	X
R.3 - Aplicação / reparação / substituição do isolamento térmico	
R.4 - Aplicação / reparação / substituição da camada de dessolidarização	
R.5 - Aplicação / reparação / substituição de barreira ao vapor	
R.6 - Aplicação / substituição da camada de forma	
R.7 - Criação de caminhos de circulação	
Pontos singulares	
R.8 - Aplicação / reparação / substituição de juntas de dilatação	
R.9 - Reparação de remates e elementos de proteção associados	
R.10 - Aplicação / reparação / substituição de sistemas de drenagem	X
R.11 - Aplicação / reparação / substituição de fixações em elementos	
OBSERVAÇÕES	